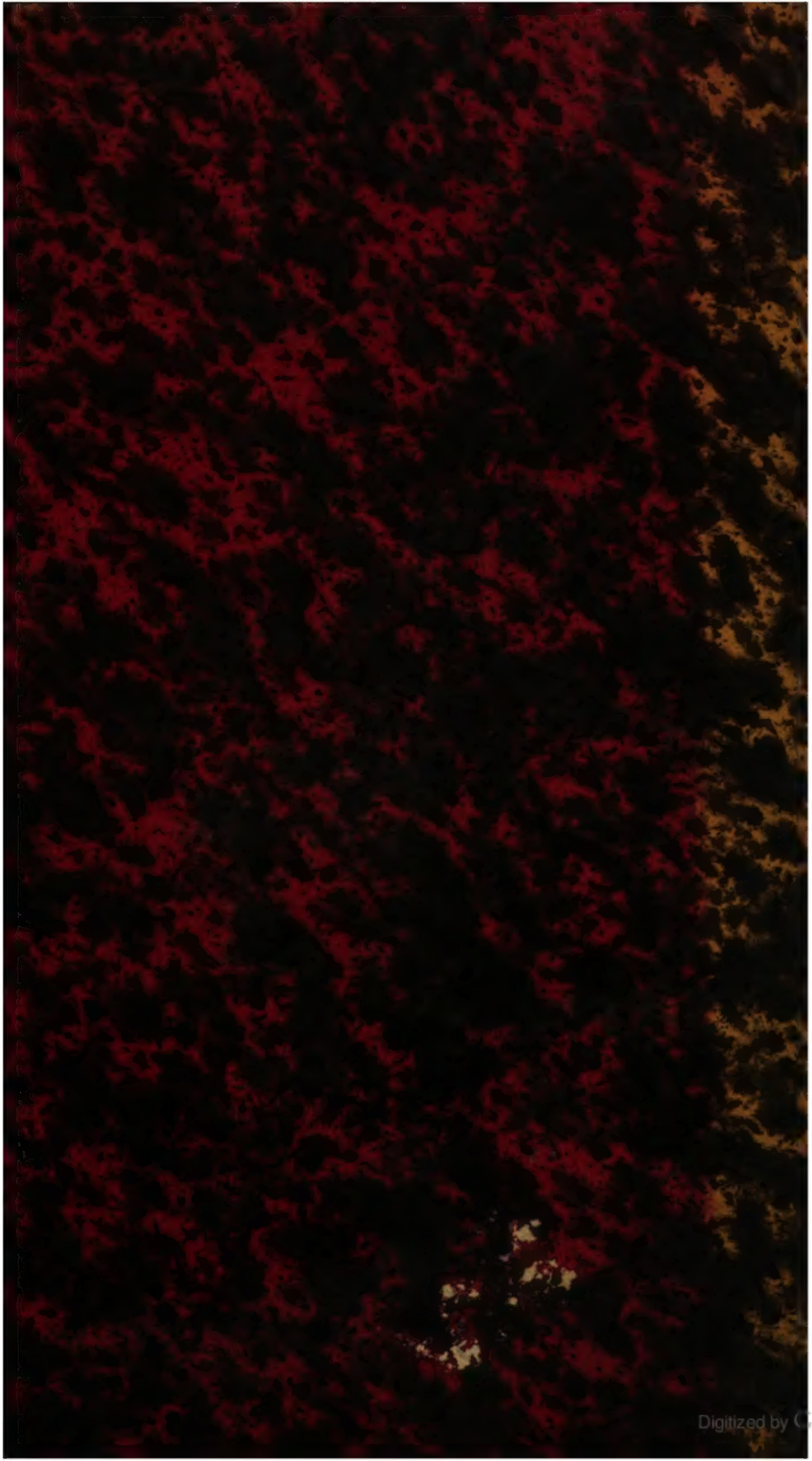

Digitized by Google

15.3.368.

15.3.368

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Lehrbuch

der speciellen

Physiologie des Menschen.

Für Vorlesungen und zum Selbststudium

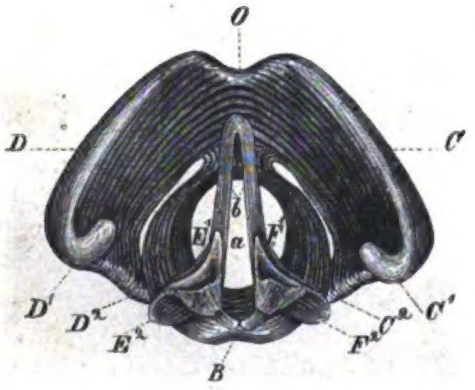
von

Julius Budge,

Professor der Anatomie und Physiologie, Director des zootomischen und anatomischen Museums und Theaters an der Universität Greifswald.

Achte, gänzlich umgearbeitete Auflage.

Mit 5 Kupfertafeln und zahlreichen eingedruckten Holzschnitten.



Leipzig,

Voigt & Günther.

1862.

Digitized by Google

Libreria tedesca ed inglese
di
ERMANNO LOESCHER
TORINO
5. Via Carlo

15. 3. 368.

Digitized by Google

Lehrbuch

der speciellen

Physiologie des Menschen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Lehrbuch

der speciellen

Physiologie des Menschen.

Für Vorlesungen und zum Selbststudium

von

Julius Budge,

Professor der Anatomie und Physiologie, Director des zootomischen und anatomischen Museums und Theaters an der Universität Greifswald.

Achte, gänzlich umgearbeitete Auflage.

Mit 5 Kupfertafeln und zahlreichen eingedruckten Holzschnitten.

BIBLIOTECA NAZIONALE FIRENZE

Leipzig,

Voigt & Günther.

1862.

Digitized by Google

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen behalten sich der Autor und die Verlagshandlung vor.

Digitized by Google

Vorrede zur achten Auflage.

Die neue Auflage ist zwar den früheren in manchen Stücken unähnlich, wie in Format, Lettern und Titel; auch der Inhalt ist beträchtlich reichhaltiger geworden. Zum bessern Verständnisse bin ich auf viele Puncte genauer eingegangen, als dies in den vorigen Ausgaben der Fall war. Indess ist die wesentliche Tendenz, Ärzten und Studirenden ein Lehrbuch zu geben, in welchem sie bei möglichster Gedrängtheit eine klare und gründliche Übersicht über den heutigen Standpunct der Wissenschaft sich verschaffen können, dieselbe geblieben. Vor zwanzig Jahren gings wohl noch an, dass ein Arzt auch mit geringen Kenntnissen in der Physiologie doch viel Praxis haben konnte; in unsern Tagen hängt seine Existenz davon ab, dass er den Zusammenhang, in welchem die Erscheinungen des gesunden Körpers mit einander stehen und ihre gegenseitige Abhängigkeit von einander kennt. — Jede Krankheit ist wie ein physiologisches Experiment, welches ohne unser Beisein gemacht worden ist; die Methode zu ergründen, nach welcher es zu Stande kam, ist die Aufgabe des Arztes. Wer mit Glück heilen will, vermag es nur auf dem Wege der physiologischen Forschung. Aber abgesehen davon setzt er sich selbst dem Kranken gegenüber der Gefahr aus, sich zu compromittiren. Die Gebiete der Naturwissenschaften sind so tief in alle Klassen der Gesellschaft eingedrungen, dass auch der gewöhnliche Mann des allgemeinen Dranges sich bewusst geworden ist, nach der Ursache der Dinge zu fragen. So muss der Arzt sich jeden

Digitized by Google

Augenblick gefasst machen, Rede zu stehen und Erklärung über krankhafte Vorgänge abzugeben. Sonst verliert er das Vertrauen. — Es ist unmöglich, dass er sich wie vormals allgemeiner unverständlicher Ausdrücke bediene und nicht bekunde, dass die Erscheinungen der Schwere, Cohäsion, Druck, Electrizität, Wärme u. s. w. auch im lebenden Körper keine anderen sein können, als die in der allgemeinen Natur und dass durch das Wort Lebenskraft nicht eine einfache Kraft, sondern die unerforschliche Ursache ausgedrückt ist, welche in dem Individuum eine Menge theils bekannter, theils unbekannter Kräfte in Anregung versetzt.

Die Methoden der physiologischen Forschung zu vervielfältigen und zu vervollkommnen, ist die eine wichtige Aufgabe der Physiologie. In unserer Zeit, in welcher die Technik riesige Fortschritte macht, ist die Gelegenheit dazu reichlich geboten und wird zum Vortheil und Gedeihen unserer Wissenschaft eifrig benutzt. Alle Methoden sind darauf berechnet, durch Messen und Wägen den Sinnestäuschungen entgegen zu wirken und die Verhältnisse, unter denen man operirte, möglichst gleich zu machen. — Dennoch ist die Methode nur die Sprossenleiter, welche zur Beobachtung führt; es hat keinen Werth, wenn jene noch so fest ist und diese nicht sicher steht.

Mehr als ein Mal ist es in der Wissenschaft vorgekommen, dass über der Methode die Sorgfältigkeit der Beobachtung gelitten hat und auf ähnlichen Abwegen finden sich viele unserer heutigen Physiologen. Neue Methoden machen complicirtere Apparate nothwendig, und obwohl dieselben der Verfeinerung der Methode nützen, so können andrerseits die Erscheinungen an ihrer Reinheit verlieren, indem Wirkungen entstehen, welche durch die Apparate hervorgebracht und leicht auf das zu beobachtende Object bezogen werden. Wenn z. B. das in Bewegung gesetzte Blut auf eine Quecksilbersäule drückt, so zeigen zwar die Schwankungen dieser Säule den geringeren und stärkeren Druck des Blutes an und diese lassen sich messen und graphisch darstellen, aber die im Quecksilber hervorgebrachte Welle zeigt gleichfalls Bewegungen, welche vom Blutdrucke nicht direkt abhängig sind, und wir erhalten eine aus zwei

Kräften hervorgehende Resultirende in den Curven. — Um diesen Fehlerquellen zu begegnen, muss nicht nur wieder und wieder die Unverfänglichkeit der Methoden durch Theorie und Versuch geprüft, sondern es muss auch noch eine andere Controlle durch die Sinne geübt werden. Man soll zwar nicht auf Gefühl und Augenschein das volle Gewicht legen, aber man soll sie auch nicht, wie es so oft heut zu Tag geschieht, unbeachtet lassen; man soll jeden Widerspruch, welcher sich zwischen der directen Beobachtung und der durch Apparate vermittelten findet, nicht dadurch ohne Weiteres aufgelöst zu haben glauben, dass man der letztern den Vorrang gibt und an Sinnestäuschungen glaubt, wo der Einklang fehlt; man soll nicht aufhören, bis man das, was man fühlen und sehen kann, nun auch anschaulich zu machen, zu objectiviren, zu zeichnen und zu messen im Stande ist und andrerseits nicht aufhören, bis die Beobachtungen, welche uns Massstab und Curve vorlegen, direkt an unsere Sinne herantreten und hier einen andern Weg zur Vergleichung und Überzeugung bahnen. Man soll keines von beiden Mitteln verachten und gering schätzen, wie heut zu Tage von Vielen in Betreff der direkten Anschauung geschieht. Sie sehen darüber mit einem eben so unausstehlichen, als unvernünftigen Hochmuth hinweg und, was nicht als Curve gezeichnet und als Formel dargestellt ist, das gilt ihnen nicht mehr als Beobachtung. Darum verwenden sie so viele Mühe darauf, neue Apparate zu erfinden; darum sieht man in ihren Abhandlungen immer Formeln, Curven und Zahlen; darum drängen sie die wirkliche Beobachtung, die sinnliche Wahrnehmung, die durch geistige Combination gewonnene, doch am Ende allein massgebende Erfahrung in den Hintergrund. Wir segnen die Zeit, in welcher die Wissenschaft zur exacten Forschung durchgedrungen ist, wo durch Wage und Massstab die leblose Natur einen neuen stabilen Tastsinn gelichen hat, wo man überhaupt das Flüchtige, Vergängliche des organischen Lebens zu fixiren bemüht ist, — aber dennoch muss der Schwerpunct der Beobachtung immer in der geistigen Combination der einzelnen Erscheinungen liegen, um sie auf andere zu beziehen, mit andern zu vergleichen, in ihrem Entstehen zu begründen; damit eine Beobachtung der höhern Art daraus hervorgeht. Wie wir

Digitized by Google

ohne Form nichts Wesentliches uns vorstellen können, so gibts ohne Methode keine Beobachtung; ohne den Fortschritt jener stockt diese. Aber man darf mit der Methode keinen Götzendienst treiben, sonst entstehen Priester, welche den Weihrauchdampf bis zur Unsichtbarkeit verbreiten und auch dem Scheine Opfer zu bringen suchen. Schein ist wie Unkraut, wie ein wuchernder Pilz. Er erstreckt sich auf alle Nachbargebiete, wo er nur einigermassen Boden findet. Um ihm zu genügen, bedienen sich Viele einer geschraubten, für Ärzte, die sie belehren sollen, schwer, oft gar nicht verständlichen Sprache; zwingen sich, Ausdrücke, welche in der Physik gebräuchlich sind, auf jeder Seite zu Markte zu tragen, um recht exact zu erscheinen; was mit zehn Worten für Alle deutlich und klar zu machen wäre, bemühen sie sich nun durch eine Formel auszudrücken, welche die wenigsten Ärzte und die wenigsten Studirenden verstehen und heissen dies eine elegante Verfahrungsweise. — Zahlen und Formeln bestechen freilich und darum wollen es Viele von denen, welche sich nicht auf Mathematik verstehen, nicht wagen, solche Beobachtungen zu prüfen und anzugreifen. Für diejenigen, welche in ihrer Studienzeit noch nicht auf die Wichtigkeit der Physik für die Physiologie hingewiesen wurden, gehört ein gewisser Muth dazu, den Kampf mit einer ungeübten Waffe weiter zu wagen und nicht in Angst zu gerathen, wenn neue und neue Angriffe erfolgen. Man hält die Behandlungsweise schwieriger, als sie wirklich ist, wird durch die Form des Vortrags abgeschreckt und hat Scheu vor den Anhängern der sogenannten physikalischen Schule. Diese merken ihrerseits wohl die schwache Seite ihrer Gegner und verstehen es, sie zu benutzen. Und doch kann man nicht in Abrede stellen, dass gar manche der von den physikalisch gebildeten Physiologen aufgestellten Theorien und gemachten Beobachtungen die Probe nicht bestehen, obwohl sie, wie es den Anschein hat, mit allem Vorbedacht exacter Methode ausgeführt sind. Wir wollen beispielsweise statt vieler die Arbeiten einiger Electrophysiologen hervorheben. Man sollte doch denken, ein Gegenstand, welcher mit so vielem Nachdrucke, mit so vieler Sicherheit, ich darf wohl sagen, mit so vieler Prätension dargeboten worden ist, wie die Lehre vom Muskel-

strome, die als die unbestreitbarste dargestellt und den Zuhörern von den Lehrkanzeln vordemonstrirt worden ist, wäre auch genau beobachtet und erkannt worden. — Eine künstliche Theorie wurde ersonnen, um auch die Erklärung dazu zu geben. Man erschöpfte sich in Lobeserhebungen über diese durch Tiefe der Forschung unerreichte Untersuchung. Mit schonungsloser Härte wurde über den Begründer der Lehre der Stab gebrochen. Und doch findet sich ausserordentlich leicht, dass die Lehre vom Muskelstrome durchaus mangelhaft ist, wenn man ohne Vorurtheil und nicht zu Gunsten einer Theorie die Beobachtungen wiederholt, und man muss sich wundern, dass man so lange Zeit dieses übersehen hat. Nicht anders verhält es sich mit der Lehre vom Electrotonus, welche sogar als eine neue Ära der Nervenphysiologie bezeichnet worden ist. Auch die hierauf bezüglichen Untersuchungen sind bisher nur sorgfältig gerühmt, nicht sorgfältig nachgeprüft worden. Man hat sich durch Apparate, Zahlen, Curven und Formeln, sowie die Zuversichtlichkeit der Redeweise, die ermüdende Weitläufigkeit der Darstellung, bestechen lassen. Wenn man in unserm Werke den betreffenden Abschnitt durchliest, so wird man sich überzeugen, dass das sogenannte Gesetz (wie viele Gesetzgeber gibt es unter den Physiologen Deutschlands!) ebenso wenig, wie das vom Muskelstrom richtig ist.

Beobachtungen zu machen, ist schwierig und jeder Forscher wird sich, je mehr Beobachtungen er macht, seiner Unvollkommenheit deutlicher bewusst. Dies fordert zur Bescheidenheit auf. Deshalb ist es widrig, zu sehen, wie jetzt so häufig sogar junge Anfänger in ihrer Selbstgefälligkeit sich überheben, weil sie ihren Arbeiten eine mathematische Form aufzudrücken im Stande sind. Und wahrhaftig der wissenschaftliche Nutzen, welcher für die Medizin aus vielen dieser scheinbar so subtilen Beobachtungen hervorgeht, ist nicht so gross, dass man einen vernünftigen Grund für die Anmassung finden könnte.

In dieser neuen Auflage habe ich die wesentlichsten physikalischen Vorbemerkungen, in wie weit sie zum Verständniss der physiologischen Thatsachen für den Arzt erforderlich sind, beigefügt, — namentlich in der Lehre von der Circulation, den electrischen

Digitized by Google

Erscheinungen und der Nervenphysiologie. Eine Menge neuer Untersuchungen wurde beinahe für jeden Abschnitt angestellt. Die Ausgabe hat sich dadurch länger verzögert, als ich früher beabsichtigte. Inhaltsverzeichniss und Register sind möglichst vollständig, wobei die DD. Landois, Sommer und Waldeyer thätig waren, denen ich aufrichtig danke. Der grösste Theil der Abbildungen ist von Neuem nach Originalpräparaten von dem Prosector Dr. Sommer gezeichnet worden. In der Literatur habe ich die grösste Unpartheilichkeit zu üben mich bemüht, und sollte ich irgendwo die Arbeiten gründlicher Forscher nicht angegeben haben, so geschah es ohne Absicht. Auch glaube ich mich von dem Fehler fern gehalten zu haben, in Lobeserhebungen mich zu ergiessen oder überhaupt persönliche Rücksichten durchblicken zu lassen.

Budge.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Definition der Physiologie 1
Elementarbestandtheile des menschlichen Körpers 1
Anorganische Verbindungen 1
Organische Verbindungen 2
Eintheilung der Physiologie 2

Erstes Buch.

Zeugung und Entwickelung.

I. Zeugung.

Zeugungsform 3
a. generatio aequalis 3
b. generatio aequivoca 3
Scheingründe für dieselbe 3
Gründe gegen dieselbe 4
Parthenogenesis 5
Generationswechsel 5
bei verschiedenen Thieren 5
bei Pilzen 8
Bedingungen der Zeugung des Menschen 9
A. Von Seiten des Mannes 9
a. Der Samen 9
Samenfäden 9
Chemische Zusammensetzung des Samens 9
Bewegung der Samenfäden 10
Ihre Entwickelung aus Zellen 11
Bereitungsorgan des Samens (Hoden) 12
Structur der Hoden 12
Periodische Bildung des Samens in denselben (bei Vögeln) 12
Entleerung des Samens 13
Fortbewegung desselben in den samenführenden Gefässen (Muskeln, Flimmerepithel) 13
Bewegung der samenführenden Gefässe bei Reizung des kleinen Gehirns und des Lumbartheils des Rückenmarkes 14
Ausspritzung des Samens durch Muskelthätigkeit 15

Digitized by Google

Seite

b. Flüssigkeit der benachbarten Drüsen 15
c. Erection 15
Bau des Penis 16
Ursachen der Erection 17
Arteriae helicinae 18
Verhinderung der Erection nach Durchschneidung der Ruthennerven 18
B. Von Seiten des Weibes 18
Das menschliche Ei und seine Structur 18
Mikropyle 19
Menstruation, Brunst der Thiere 20
Zahl der Eier im Eierstock, Bersten der Graaf'schen Follikel 21
Blutfluss bei der Menstruation 21
Dauer der Menstruation 21
Beschaffenheit des ausgeschiedenen Blutes 21
Aufhören der Menstruation 22
Begleiterscheinungen bei der Menstruation 22
C. Begattung und Befruchtung 22
Eindringen der Samenfäden in das Ei 23
Befruchtung 23
Schwangerschaft 24
Corpus luteum 24
(verum et spurium) 25
Fortleitung des Eies 25
Schwangerschaftsdauer 25
Erscheinungen im mütterlichen Körper während der Schwangerschaft 25
Decidua reflexa et serotina 29

II. Entwickelung.

Erste Veränderungen des Eies, Verschwinden des Keimbläschens und des Keimflecks 31
Eiweisschicht 32
Dotterfurchung 32
Keimblase, Chorion 32
Placenta, Cotyledonen der Wiederkäuer 32
Gefässverbreitung in der Placenta 33
Entwickelung des Hühnchens 33
Differenzen des Vogel- und Säugethier-Eies 33
Die drei Schichten („Blätter") der Keimhaut 34
Area pellucida, vasculosa, vitellina 34
Ductus omphalo-mesaraicus, Nabel 35
Dottersack, Nabelblase 35
Sinus terminalis, venae et arteriae omphalo-mesaraicae (erster Kreislauf) 35
Bildung der Allantois und ihrer Gefässe (zweiter Kreislauf) 36
Bildung des Amnions 37
Liquor amnii (chemisch) 37
Krümmung des Embryo, Grösse desselben 38
Blätter des Embryo 39

Seite

A. Serōses Blatt.
1. Mitteltheil.
Rückenplatten, Chorda dorsalis . . . 40
Entstehung der Nervenmasse . . . 41
Gehirnblasen, Furchungen derselben . . . 41
Commissuren . . . 41
Ammonshorn, Pedunculi cerebri, Sehhügel . . . 42
Vierhügel, kleines Gehirn, verlängertes und Rückenmark . 43
Peripherische Nerven; Entwickelung des Auges . . . 44
Entwickelung des Ohres . . . 45
2. Seitentheile.
Bauch- oder Visceralplatten . . . 45
Kiemenspalten, Kiemenbögen . . . 46
Zähne . . . 47
Knochen . . . 48
Muskeln, Haut . . . 51
Haare und Nägel . . . 52
Extremitäten, Nabel . . . 52
B. Gefässblatt.
Herz . . . 53
Arterien . . . 54
Venen . . . 55
Kreislauf (zweiter) . . . 56
Entstehung und Vermehrung der Blutzellen . . . 56
C. Schleimblatt.
Darmrinne . . . 57
Magen, Darm, Gekröse, Milz . . . 58
Ausstülpungen des Darmes . . . 59
Leber . . . 59
Lungen . . . 60
Pankreas, Blinddarm . . . 60
Allantois . . . 60
Wolff'sche Körper . . . 61
Nieren . . . 62
Geschlechtstheile, Descensus testiculorum . . . 62
Sinus urogenitalis, prostata, äussere Geschlechtstheile und Harnorgane . . . 64
Geburt . . . 65
Erstes Athmen, Nabelstrang . . . 66
Sekretionen im Wochenbett: Lochien, Hautthätigkeit, Milch 66
Meconium, Zähne . . . 68

Zweites Buch.

Ernährung.

Allgemeine Vorbemerkungen . . . 69
A. Respiration.
Allgemeines . . . 70

Digitized by Google

Seite

I. Mechanismus der Respiration 71
1. Erscheinungen der respiratorischen Bewegungen 71
a) an einem Apparate erläutert 71
b) am todten Thiere 74
c) im Leben 74
α) durch Muskeln hervorgebracht 74
Inspiration 74
Zwerchfell 75
(N. phrenicus) 76
Mm. intercostales 76
(Theorie und Streit über ihre Wirkung) 78
Mm. scaleni et levatores costar. etc. 80
Exspiration 81
β) Durch die Athmungsorgane selbst 82
Mund- und Nasenöffnung 82
Mund- und Rachenhöhle 82
Kehlkopf 82
Luftröhre und Lungen 83
Flimmerbewegung der Luftröhre . . . 84
Bau der Lunge 85
Luftgehalt der Lunge 87
nach dem Tode 87
beim Einathmen (vitale Capacität) . . . 87
(Spirometrie) 87
Luftdruck bei In- und Exspiration 91
2. Nerveneinfluss auf die Respiration 92
Noend vital 92
Verlängertes Mark 92
Ursache des ersten Athemholens 93
3. Modificationen der Athembewegungen 94
a) in der Frequenz 94
abhängig von Alter und Grösse 95
abhängig von mechanischen Hindernissen . . 96
vom Nervensysteme 96
von unbekannten Ursachen 97
b) in der Intensität 98
c) verschiedene Arten des Athemholens 98

II. Wirkungen, welche durch die Respirationsbewegungen entstehen 99
1. Chemismus der Respiration 99
a) Atmosphärische Luft 99
b) Ausgeathmete Luft 101
c) Diffusion 102
(Gesetz der Diffusion) 104
Uebertritt von O ins Blut durch chem. Verwandtschaft . 105
Bestimmung der Kohlensäure 106
dem Gewichte nach 107
(durch Titriren) 108
dem Prozentgehalt nach 109
dem Volumen nach 110

Digitized by Google

Seite
Menge der Kohlensäure in der ausgeathmeten Luft . . 111
abhängig von der Körpergrösse 113
vom Alter 113
vom Geschlecht 114
von der Körperthätigkeit 115
(Schlaf) 115
von dem Nahrungsmangel 116
vom Luftdruck 117
von der Zahl der Athemzüge 117
Temperatur der ausgeathmeten Luft 118
Beimischungen der ausgeathmeten Luft 118
Verhalten des N beim Athmen 118
Wassergehalt der ausgeathmeten Luft 119
2. Wirkung der Luft auf das Athmen im Vergleich mit andern Gasen 119
Athembare und nicht athembare Gase 119
3. Töne, die bei der Respiration entstehen 121
4. Wirkungen der Lungenluft auf Herz und Gefässe beim Ein- und Ausathmen 122
Zweck des Athmens 122
B. Verdauung.
I. Speisen und Getränke 123
a) stickstoffhaltige (Proteinkörper) 123
Eiweiss 123
Faserstoff 124
Käsestoff 124
Legumin 124
Vitellin 125
Kleber und Pflanzenleim 125
Leim 126
b) stickstofflose (Kohlehydrate) 126
Fett 126
Stärke 127
Rohrzucker 128
Traubenzucker 128
Milchzucker 129
(seine Umsetzung in Milch- u. Buttersäure) 129
Cellulose 130
c) Anorganische Nahrungsbestandtheile 131
Wasser 131
Muskelfleisch als Nahrungsmittel 134
Milch 135
Verhältniss der verschiedenen Stoffe in den Nahrungsmitteln 137
Menge der Nahrung eines Erwachsenen 138
II. Verdauungsprozesse 138
1. Verdauungserscheinungen in den Organen oberhalb des Magens 139
a) in der Mundhöhle 139
α) Mundflüssigkeit 139

Digitized by Google

Seite
im Ganzen 139
Bestandtheile (chemisch) 141
Bestandtheile (mikroskopisch) 141
Wirkung der Mundflüssigkeit 142
Trommer'sche Zuckerprobe 143
Fehling'sche Probe 146
Städeler'sche Probe 146
Speichel 148
Gewinnung desselben 149
Mechanismus der Absonderung 149
(Nerveneinfluss) 150
Parotidenspeichel 151
Submaxillarspeichel 151
Sublingualspeichel 152
Function der Speicheldrüsen 152
Schleim 153
3) Kaubewegungen 154
im engeren Sinne 154
Zungenbewegungen 156
b) in der Rachenhöhle 156
α) Absonderungen daselbst 156
β) Schlingbewegungen 156
c) im Schlund und in der Speiseröhre 161
2. Verdauungserscheinungen in der Magenhöhle 162
a) Mageninhalt (Speisebrei) 162
(Gase und Pilze im Magen) 163
b) Zustand der Schleimhaut bei der Verdauung 164
c) Absonderung des Magens 165
Labdrüsen 165
Schleimdrüsen 167
Magensaft 168
Gewinnung desselben 168
künstlicher Magensaft 168
Eigenschaften 170
Bestandtheile (Säuren) 170
Menge 172
Function 172
Veränderung der Proteinkörper durch denselben 174
Bedingungen seiner Absonderung 174
Drüsen 174
Blut 174
Nerven 175
Magenschleim 176
d) Bewegungen des Magens 177
normale 177
Erbrechen 178
3. Verdauungserscheinungen durch die Lebersekretionen 180
Bau der Leber 180
Chemische Bestandtheile der Leber 185
Glykogen 185

Digitized by Google

Seite
Leberferment 186
Sonstige organische Bestände 186
Salze der Leber 186
Gallenabsonderung 187
Gewinnung der Galle 187
Eigenschaften derselben 187
Chemische Bestandtheile derselben 188
Gallensäuren 188
Gallenfarbstoff 190
Gallenfett 191
Gallenasche 191
Menge der abgesonderten Galle 191
Functionen der Galle 192
Bedingungen der Gallenabsonderung 197
von Seiten der Drüse (Leber) 197
von Seiten des Blutes 198
von Seiten der Nerven 199
Zuckerbildung in der Leber 199
(Zuckerstich, Piqûre) 201
4. Verdauungserscheinungen durch den Bauchspeichel 203
Gewinnung des Bauchspeichels 203
Eigenschaften desselben 203
Chemische Bestandtheile desselben 204
Menge desselben 204
Functionen desselben 204
5. Verdauungserscheinungen im Dünndarm 206
a. Dünndarminhalt 206
Darmgase 206
Kothgeruch 208
b. Darmsaft 208
Gewinnung 208
Eigenschaften 208
Quellen (Drüsen) 208
c. Übertritt des flüssigen Darminhaltes ins Blut 208
Wege 208
Bau der Darmschleimhaut (Falten, Zotten, Epithelien) 208
d. Bewegungen des Darmes 213
Active Bewegungen 214
(Darmnerven) 216
Passive Bewegungen 216
6. Verdauungserscheinungen im Dickdarm 217
Excremente und Dickdarmgase 217
Secretionen im Dickdarm 220
Bewegungen zur Kothentleerung 220
Mechanismus der Bewegungen 220
Bedingungen zur Kothentleerung 224
Modificationen 225

C. Blut und Lymphe.

I. Physikalische und chemische Eigenschaften und Bestandtheile des Blutes 226

Digitized by Google

Seite

1. Qualität der Blutbestandtheile und des Gesammtblutes . . 226
a. Blutbestandtheile und ihre Eigenschaften 226
α. Rothe Blutkörperchen 226
mikroskopisch 226
chemisch 229
Hämatokrystallin 229
Hämin 230
Hämatin 231
Eisen 231
Hämatoidin 232
β. Farblose Blutkörperchen 232
γ. Elementarkörnchen 233
δ. Faserstoff 233
Serum sanguinis und seine Bestandtheile . . . 236
ε. Albumin 236
η—κ. Kasein, Cholestearin, Fette, Zucker, Harnstoff, Hippursäure, Milchsäure, Kreatin, Kreatinin, Farbstoff 236
λ. Salze 237
μ. Gase 238
b. Eigenschaften des Gesammtblutes 242
α. Blutgerinnung 242
(Ursache derselben) 244
β. Blutfärbung 245
γ. Wärme, Geruch, specifisches Gewicht, Function 247
δ. Blutentziehungen 247
ε. Ersatz des Blutes 248
η. Transfusion 248
2. Quantität der einzelnen Blutbestandtheile und des Gesammtblutes 249
a. Quantität der einzelnen Blutbestandtheile 249
α. des arteriellen und venösen Blutes 250
β. des Pfortader- und Lebervenenblutes 250
b. Quantität des Gesammtblutes 251
II. Cirkulation des Blutes 253
A. Erscheinungen der Blutcirkulation 253
Beschreibung des Kreislaufes 253
α. des grossen 253
β. des kleinen 253
γ. des Pfortaderkreislaufes 254
Entdeckung der Blutcirkulation 254
1. Erscheinungen am Herzen 255
Bewegungsfolge 255
Bewegungsart 256
Verlauf der Herzkammermuskeln 256
Herzstoss 260
Herztöne 263
Herzklappen 264
Atrioventrikularklappen 264
Semilunarklappen 266

Digitized by Google

Seite
Rücktritt von Blut in die Venen 269
Rhythmus und Typus der Herzbewegung 269
Frequenz der Herzschläge, bedingt durch: 269
Alter 269
Geschlecht 270
Körperlänge 271
Bewegung 271
Geburtsthätigkeit 272
Temperatur 272
Anhalten des Athems 273
Dichtigkeit der Luft 273
Verschiedene Gasarten 274
Blut 274
Blutentziehungen 275
Verdauung 275
Mechanische Einwirkungen 276
Elektrische Reize 276
Tageszeiten 276
Allgemeine Gesichtspunkte über Pulsfrequenz 277
Intensität der Herzbewegung 279
Sphygmometer 279
2. Erscheinungen an den Arterien 283
Fliessen des Blutes aus Arterien 283
Ausdehnung der Arterien 283
Messung derselben 283
Elasticität der Arterien 285
Contractilität der Arterien 286
Einfluss der Nerven auf die Gefässmuskeln 289
3. Erscheinungen in den Capillargefässen 290
Beobachtung des Blutumlaufes 290
4. Blutcirkulation in den Venen 293
Anatomisches Verhalten der Venen 294
Contractilität der Venen 294
Venenpulsationen 295
Einfluss der Muskeln auf die Blutbewegung in den Venen 295
Venenklappen 295
Geräumigkeit des Venenreservoirs 296
B. Ursachen der Fortbewegung des Blutes in den Gefässen . . . 296
1. Die zu bewegende Masse 296
Verschiebbarkeit und Incompressibilität des Blutes . . 296
Allgemeine Verhältnisse zwischen Druck und Geschwindigkeit 299
Widerstände der Bewegung 299
α) Reibung 299
β) Adhäsion 300
γ) Cohäsion 300
Fortpflanzung des Druckes in Flüssigkeiten 301
Gleichmässige Verbreitung des Druckes von Flüssigkeit nach allen Seiten 301
Bodendruck 301

Digitized by Google

Seite

Seitendruck 302
Druckmesser (Manometer) 303
Wirkung der Abnahme der bewegenden Kraft auf den Druck 303
Geschwindigkeitshöhe 304
Wirkung der Ausflussmündungen auf den Druck 304
Verhältniss zwischen Druck und Geschwindigkeit . . . 306
Durchmesser der Röhre 307
Röhren von ungleicher Weite 308
Biegungen der Röhren 310
Verengerung der Röhren 310
Einfluss der Blutmenge auf Geschwindigkeit und Druck 311
Einfluss der Zahl von Abflusscanälen 312
2. Die bewegenden Kräfte 314
a. Muskelkraft des Herzens 314
Wellenbewegung 314
Allgemeine Bedingungen der Wellenbewegungen . . 314
(Apparat zur Veranschaulichung der Blutwellen) 315
Bildung der Blutwellen in den elastischen Gefässen 317
Geschwindigkeit der Blutwellen 318
Fortrücken der Blutflüssigkeit während der Wellenbewegung 318
Thalwellen in der Blutflüssigkeit 319
Widerstände, welche die Verbreitung des Pulses hindern 319
Fortbewegung des Blutes durch Druckdifferenz . . 319
Bedingungen und Ursachen der Contraction der Herzmuskeln 319
Integrität der Herzmuskeln 322
Einfluss des Blutes auf die Herzbewegung 322
Einfluss der Nerven auf das Herz 323
α. Gemüthsbewegungen 323
β. Druck auf die n. vagi 323
γ. Erschütterung 323
δ. Reizung der n. vagi durch den inducirten Strom 324
Reizung des verlängerten Markes 326
Nachwirkung der Reizung auf die Intensität 327
Reizung durch andere als elektrische Reize 328
Reizung bei geschwächter Herzthätigkeit . . 328
Schwächere Reize vermehren die Herzbewegung 329
Die sogenannte hemmende Wirkung des n. vagus 330
ε. Einfluss der Reizung des n. sympathicus auf das Herz 331
ζ. Einfluss der Zerstörung des verlängerten Markes 332
Die Ganglien als Quellen der Herzbewegung 333

Digitized by Google

Seite
b. Elasticität der Arterien 335
Ursache des continuirlichen Blutstromes 336
Fehlen des Pulses in den kleinern Arterien 337
Pulsation in den kleinen Arterien bei Blutstockung 338
Aufhören des continuirlichen Fliessens 338
c. Aspiration des Herzens 339
d. Muskelcontraction der Gefässe 341
e. Wirkung des Luftdrucks auf die Herzbewegung . . 342
Wirkung des Luftdrucks während der Inspiration . 344
Eintritt von Luft in die Venen 344
Wirkung des Luftdrucks während der Exspiration. 346
C. Bewegungseffecte.
1. Blutdruck 346
Hämodynamometer (Poiseuille) 347
Kymographion (Ludwig) 349
Einfluss des Athmens auf den Blutdruck 350
2. Geschwindigkeit des Blutumlaufes 352
Beobachtet an eingespritzten Flüssigkeiten (Hering) . . 353
Berechnet aus der Menge des bei jedem Herzschlage fortgetriebenen Blutes 353
Gemessen durch das Hämodromometer (Volkmann) . . . 354
Gemessen durch das Hämotachometer (Vierordt) 354
Beobachtet in den Capillaren unter dem Mikroskope . . 355
3. Menge des aus den Ventrikeln jedesmal entleerten Blutes 356
4. Kraft des Herzens 357
III. Lymphe und Chylus 357
Bestandtheile 357
Unterschied des Chylus vom Magen- und Darminhalt . 358
Unterschied des Chylus vom Blut 359
Bewegungsursachen des Chylus 359
D. Ernährung.
I. Inbegriff der Ernährung 360
Unvergänglichkeit von Stoff und Kraft (Stoffwechsel) . . 361
Aufgabe der Ernährungslehre 362
Bildung der Kohlensäure 362
Aufnahme des Stickstoffs 363
Wärme durch Wasser- und Kohlensäurebildung 364
Kohlensäurebildung bei der Respiration 364
Plastische Nahrungs- und Respirationsmittel (Liebig) . 366
II. Erfordernisse der Ernährung 367
Ausreichende Nahrung und Luft 367
Prozentgehalt von N. der meisten Nahrungsmittel . . . 369
Nothwendigkeit des richtigen Verhältnisses der einzelnen Nahrungsbestandtheile 369
Verdauung der Nahrung 371
Anfnahme des Chylus ins Blut 371
Cirkulation, bildende Kraft, Nervensystem 371
Wärme, Licht, Elektricität 371
III. Beweise für den Stoffwechsel 372
A. Inanition 372

Digitized by Google

Seite

B. Wachsthum 375
C. Regeneration 378
1. Epidermoidalgebilde 379
2. Linse 379
3. Knochen 379
4. Nerven 380
(Verfettung der Nerven nach Durchschneidung) 381
5. Hornhaut 382
6. Zähne 382
7. Gefässe 382
D. Gleichgewicht zwischen Zufuhr und Entleerung des Stickstoffs 383
IV. Erscheinungen der Ernährung. 387
A. Endosmotische Erscheinungen. 387
Definition der Resorption 387
Beispiele von der Resorption 387
Endosmose 388
Endosmotische Aequivalente 389
Endosmose des Eiweisses 390
Endosmose der Peptone. 391
Resorption von Gummi 392
Resorption mancher Gifte 392
Resorption von Zucker und Fett. 392
Blut- und Lymphgefässe als Resorptionswege 393
Resorption durch die Venen. 394
Resorption fester Theile 395
Einfluss des Druckes auf die Resorption 395
Einfluss der Verdunstung auf Resorption 396
Einfluss der Cirkulation auf Resorption 396
B. Chemische Umwandelungen 397
Bildung von Kohlehydraten aus Proteinsubstanzen. . 398
Fette Säuren, Aldehyde. 398
Glykokoll, Hippursäure 399
Butalanin, Leucin, Tyrosin 400
Taurin 401
Harnstoff, Harnsäure, Allantoin etc. 401
Fettbildung aus Stärke und Zucker 402
Fettbildung aus Proteinkörpern 403
Oxydationen im Körper 404
C. Formbildung und Zellenleben 405
Inhalt und Umgebung der Zelle (Intercellularsubstanz) . 406
Wachsthum der Zelle. 406
Bildungsthätigkeit der Zelle 407
Specifische Verschiedenheit der Zellen 408
Bewegung der Zellen 409
Entstehung und Altern der Zellen 410
(Kernbildung) 410
(Einfluss des Alters) 411
Lebensbedingungen der Zelle 411
Bedeutung des Zellenkerns 412

Digitized by Google

Seite
Generatio aequivoca der Zellen 412
Zellenwachsthum durch Apposition und Intussusception 412
I. Oberhautgebilde 413
a. Epidermis 413
b. Epithel der Schleimhaut 414
c. Nägel 416
d. Haare 417
e. Linse 418
f. Zähne 419
II. Absonderungsorgane 421
1. Flächenartig ausgebreitete Absonderungsorgane . . . 422
Seröse Häute 422
2. Drüsen mit Ausführungsgängen 424
Drüsensecret 425
Lebenseigenschaften der Drüsenzellen 425
3. Drüsen ohne Ausführungsgänge 426
a. Milz 427
Mikroskopie der Milz 428
Functionen der Milz 429
b. Lymphdrüsen 431
Bau der Lymphdrüsen 431
Functionen der Lymphdrüsen 432
Die Peyerschen Drüsen und die solitären Drüsen sind Lymphdrüsen 432
c. Thymus 433
d. Schilddrüse 433
e. Nebennieren 433
Blutkörperchen 434
III. Fett 435
Aufnahme des Fettes in die Fettzellen 436
Fett in Organzellen (Fettleber) 436
Absonderung von Fett durch Milch und Hauttalg . . 436
Fettige Degeneration der Muskeln 437
Fett im Graaf'schen Follikel (corpus luteum), in der thymus, in fremden Körpern, welche in die Bauchhöhle gebracht sind 438
IV. Bindesubstanz 438
a. Bindegewebe 443
b. Elastisches Gewebe 443
c. Knorpel 443
d. Knochen 443
V. Muskeln 446
D. Elektricität 449
Physikalische Vorbemerkungen 449
Stromschleifen 450
Unipolare Induction 451
Elektrolyse, Polarisation 453
Erkennungsmittel elektrischer Ströme 454
Multiplicator 454
Stromprüfender Froschnerve 458

Digitized by Google

Seite

1. Muskelstrom (nach Dubois) 459
erkannt am Multiplicator 460
erkannt am Froschpräparat 463
2. Nervenstrom (nach Dubois) 464
durch den Multiplicator nachgewiesen 464
durch das Froschpräparat nachgewiesen 464
3. Hautstrom (nach Budge) 464
Nachweis durch den Multiplicator 464
Nachweis durch das Froschpräparat 466

E. Wärme 466
a. Entstehung derselben 468
b. Leitung derselben 475
c. Regulirung derselben 478

E. Ausleerungen.

I. Harn 480
1. Ausscheidung des Harns von den übrigen Blutbestandtheilen . 480
a. Mechanismus der Harnabsonderung 481
Structur der Nieren 481
Einfluss des Blutes auf die Harnabsonderung 485
Einfluss der Nierenzellen auf die Harnabsonderung . . 487
Einfluss der Nerven auf die Harnabsonderung 489
b. Bestandtheile und Eigenschaften des Harnes 489
Harnstoff 490
seine Bestimmung 491
Umstände, von welchen seine Menge abhängt . . . 494
seine Bildung durch Oxydation 494
Harnsäure 499
Hippursäure 500
Traubenzucker, Milchsäure 500
Phosphorsaure Salze 500
Schwefelsaure Salze 502
Chlornatrium 502
Übergang verschiedener Stoffe in den Harn 503
Unterschied des Harnes bei beiden Geschlechtern . . . 504
Reaction des Urins 504
urina potus, sanguinis, chyli 505
Wassergehalt des Harnes 505
Tägliche Menge des Harnes 505
2. Ansammlung des Harnes in der Blase und Entleerung desselben 506
Blasenverschluss 508
Blasencontraction 510

II. Hautausdünstung 512
1. Epidermoidalgebilde 512
Epidermiszellen 512
Haare, Nägel 513
2. Hauttalg 515
3. Schweiss 515
Schweissdrüsen 515
4. Gase 517

Seite
Perspiratio sensibilis et insensibilis 517
Vermehrung und Verminderung der Ausdunstung 518
Abkühlung durch die Perspiration 519
Respiration der Haut 519
Ozon 520

Drittes Buch.

Bewegung und Empfindung.

A. Bewegung.
I. Flimmerbewegung und andere elementare Bewegungen . . . 521
Sitz und Vorkommen der Flimmerbewegung 521
Flimmerepithel 522
Geschwindigkeit, Richtung und Dauer der Flimmerbewegung . 523
Einwirkung von Agentien auf dieselbe 523
Zweck derselben 523
Entdeckung des Phänomens 523
Anderweitige elementare Bewegungen 524
Brown'sche Molekularbewegung 524
II. Bewegung der contraktilen Körpergewebe 525
a) Bedingungen der Contraktilität 525
1. Integrität des Muskelgewebes 525
Quergestreifte Muskelfaser 526
Glatte Muskelfaser 531
a. Chemisches Verhalten der Muskeln 533
Fleischflüssigkeit 533
Reaction, Säuren und andere organische Bestände 534
Zucker 534
Harnsäure, Harnstoff 535
Fett, Leim, Syntonin 535
b. Mikroscopisches Verhalten 535
c. Elektrisches Verhalten 536
Gesetz des Muskelstromes (nach Budge) 536
des ruhenden Muskels 536
des contrahirten Muskels (negative Schwankung) 539
d. Cohäsion, Dehnbarkeit, Elasticität 539
2. Einwirkung des Blutzuflusses auf Muskelbewegung 541
3. Einfluss des Nervensystems auf Muskelbewegung 542
Möglichkeit der Muskelbewegung ohne Nerveneinfluss . 542
Irritabilität 543
Verlauf der Nerven in den Muskeln 543
Gründe für und gegen die Irritabilität 546
aus der Analogie 546
durch Ertödtung der Nerven gewonnen 546
Wirkung der Bewegung auf die Muskelreizbarkeit . 547
Versuche mit Curare 548
Wirkung des constanten Stromes auf die Muskelreizbarkeit 549
Ätherisation 550
Irritabilität des Herzmuskels 550

Digitized by Google

Seit
Zuckungen durch Einspritzungen von Wasser . . 551
Muskel- und Nervenreize 551
b) Muskelreize 553
c) Erscheinungen und Wirkungen der Muskelcontraktion . . 553
Muskelverkürzung 553
Muskelcontraktion 554
Convulsionen 554
Veränderung des Muskels durch die Contraktionen . . 554
Volumen des contrahirten Muskels 555
Verkürzungsgrösse des contrahirten Muskels 555
Contraktionsdauer 556
Eintritt der Contraktion nach der Reizung 557
(bei animalischen und organischen Muskeln.) . . . 557
Verbreitung der Contraktion auf Nachbartheile 558
Idiomuskuläre Bewegung 558
Elasticität des contrahirten Muskels 559
Muskelkraft 561
Schnelligkeit der Muskelbewegung 562
d) Erscheinungen in der Muskelbewegung nach dem Tode . . . 563
Todtenstarre 564
Erscheinungen derselben 564
Ausdehnbarkeit des todtenstarren Muskels 564
Muskelstrom und Reaction in der Starre 565
Ursache der Todtenstarre 565
Aufhören der Starre durch Bluteinspritzung . 566
Eintritt der Starre nach Bewegungen 566
Verhinderung der Todtenstarre 567
e) Mechanismus der wichtigsten Körperbewegungen 567
1. Stehen 567
Erfordernisse zum Stehen 567
Schwerpunkt 567
Stellung der Füsse 569
2. Gehen 570
Erfordernisse zum Gehen 570
Erster Akt: Aufheben des Beines 571
Zweiter Akt: Schweben des Beines in der Luft . . 571
Dritter Akt: Aufsetzen des Fusses 573
Schrittdauer und Schrittlänge 574
3. Stimme und Sprache 574
a. Stimme 574
A. Entstehung der Stimme 575
Versuche am ausgeschnittenen Kehlkopfe . . . 575
Bedingung zur Stimmbildung 577
Regelung des Luftdruckes 580
Spannung und Verengerung der Stimmritze . . 580
Wirkung der Kehlkopfsmuskeln 581
Wirkung der Kehlkopfsnerven 587
Einfluss des Blutes 588
Elasticität der Stimmbänder 588
B. Modificationen der Stimme 588

Digitized by Google

Seite
Höhe und Tiefe der Stimme 588
Klang der Stimme 592
Tonfärbung der Stimme 592
b. Sprache 592
Ort der Entstehung 593
Vokale 593
Consonanten 594
B. Nervenphysiologie.
Allgemeines 595
I. Erregbarkeit 597
A. Bedingungen der Erregbarkeit 597
1. Anatomische Beschaffenheit der Nerven 597
Nervenfasern 597
breite peripherische markhaltige 598
schmale peripherische marklose 601
hüllenlose 601
Remak'sche oder Hüllenfasern 602
centrale 602
Ganglienkugeln 605
Endigung der Primitivfasern 607
Verhalten der Fasern zu den Ganglien 610
Verlauf der Fasern in der Peripherie 611
Verlauf der Fasern im Rückenmark 612
Medulla oblongata 614
2. Chemische Eigenschaften der Nerven 615
Reaction, Geschmack, Geruch 615
Imbibitionsfähigkeit 615
Wassergehalt 615
Proteinkörper 615
Fette 616
Extractivstoffe 617
Anorganische Bestandtheile 617
3. Elektrische Eigenschaften 618
Erscheinungen des Nervenstromes 618
Theorie desselben 619
Stärke desselben 619
Zuckung ohne Metalle 620
Nervenkraft und Elektricität 620
4. Organische Eigenschaften der Nerven 620
Nervenfluidum 621
Bell'sches Gesetz 623
Ermüdung der Nerven 624
Gedächtniss und Gewohnheit 624
Erfordernisse zu den organischen Eigenschaften . . . 625
Blutzufluss 625
Zusammenhang mit den Centren 626
Gewisser Grad von Erregung 626
Normale Mischung der Nerven 627
B. Nervenreize 627
Allgemeines 627

Digitized by Google

Seite

I. Äussere Reize. a. Elektrische Reize 628
Zuckung ohne Metalle 628
Schliessungs- und Öffnungszuckung, Pause 628
Zuckungsgesetz 630
Einfluss der Stromesrichtung 631
Einfluss der Stromesstärke 632
Einfluss der wiederholten Reizung 633
Zuckungsgesetz an den Nervenwurzeln 636
Einfluss verschiedener Nervenstellen 636
Elektrische Reizung der Gefühlsnerven 638
Elektrische Reizung der Sinnesnerven 638
Elektrotonus 638
Theorie desselben 638
Secundärer elektrischer Zustand 641
Tetanisirung der Nerven 642
Wirkung des Tetanisireus auf die Magnetnadel . . . 642
Secundäre Zuckung vom Muskel 642
Secundäre Zuckung vom Herzen erregt 643
b. Chemische Reize 643
Art ihrer Wirkung 643
Eintheilung der chemischen Reize 644
Einwirkung der chem. Reize auf verschiedene Nerven . 645
c. Mechanische Reize 645
d. Thermische Reize 646
II. Innere Reize 647
C. Modalitäten der Erregbarkeit 648
Erhöhete Reizbarkeit 648
Fortleitung der Erregung 650
1. Richtung der Fortleitung 650
Paradoxe Zuckung 652
Secundäre Zuckung vom Nerven aus 653
Leitung in sensibeln Nerven 653
Querleitung 653
2. Fortpflanzungsgeschwindigkeit 654
Helmholtz'sche Versuche 656
3. Intensität der Erregung 660
a. Stärke der Reizung 660
Grade der Reizung 661
Ueberreizung 661
Hemmende Wirkung 662
Zuckungsmaximum 663
Zuckungsminimum 663
b. Verschiedenheit der Erregbarkeit 664
in Folge des Absterbens 665
an verschiedenen Nervenstellen 666
durch Anwendung von Reizen 669
1. des constanten elektrischen Stromes 669
Ritter'scher Öffnungstetanus 669
Verhalten einer gereizten Stelle nach vollendeter Reizung gegen neue Reize 671

Digitized by Goog

Seite

Restitution der gesunkenen Erregbarkeit durch constante Ströme 672
Veränderung einer Nervenstelle, während ihre Nachbarstelle gereizt wird 673
Katelektrotonus und Anelektrotonus 674
Aufsteigender extrapolarer Katelektrotonus . . 675
(Myographion) 676
(Rheochord) 678
Aufsteigender extrapolarer Anelektrotonus. . . 682
Absteigender extrapolarer Katelektrotonus . . 683
Absteigender extrapolarer Anelektrotonus . . . 684
Hemmungsnerven 685
2. nicht elektrischer Reize 686
Wasser 686
Wärme, Licht, Blut, Narkotika und mechanische Reize. 687
Volta'sche Alternative 688
4. Specifische Nerven. 689
II. Reactionen im Nervenleben 691
1. Gefühl. 692
a. Gefühlswahrnehmung 692
Erscheinungen des Schmerzes 692
Erscheinungen des Hungers 693
(Antheil der Nerven daran) 694
Durst 697
Muskelgefühl. 697
Organe des Gefühls. 699
Verhältniss des Gehirns zum Gefühl 701
Verhältniss des Rückenmarkes zum Gefühl . . 703
Verhältniss des verlängerten Marks zum Gefühl 708
Bedingungen des Gefühls:. 709
Centraltheile 709
Peripherische Nerven 709
Sauerstoff 712
b. Beziehungen der Gefühlswahrnehmung 712
Lokalisiren des Gefühls 712
Verlegung an die Peripherie 713
Gefühlsbild 713
Mitempfindung 716
2. Bewegungen. Art und Eintheilung. 717
a. Reflexbewegungen 718
Bedingungen 718
Übertragung der Erregung durch Ganglienzellen. . 719
Querleitung 720
Angriffspunkte der reflektirenden Kraft. 721
Peripherische Nerven 721
Nervenstamm 724
Centrum. 725
Reflexbewegungen in unwillkürlichen Organen . . 725

Digitized by Google

Seite

Reflexbewegungen durch die Stärke des Reizes modificirt 726
Reflexbewegungen bei Strychninvergiftung 726
Fehlen des Gleichgewichts bei Reflexbewegungen . 727
Zweckmässigkeit der Reflexbewegungen 728
Verhältniss der Reflexbewegungen zu den willkürlichen 728
Reflexmotorische Fasern 729
Einfluss des Gehirns auf die Reflexbewegungen . . 731
Sensorium im Rückenmarke 732
b. Instinktartige Bewegungen 735
c. Willkürliche Bewegungen 736
1. Functionen des grossen Gehirns 737
Beobachtungen an Kaninchen 739
Beobachtungen an andern Säugethieren . . . 741
Beobachtungen an Vögeln 741
Beobachtungen an Menschen 743
Beobachtungen an Fröschen 745
Nothwendige Nervenapparate für die willkürlichen Bewegungen 745
2. Functionen des kleinen Gehirns 746
3. Functionen des verlängerten und Rückenmarkes 750
d. Bewegungen durch Vorstellungen hervorgebracht . . 751
e. Zwangsbewegungen 752
von den corpora striata ausgehend 752
von den thalami nn. opticorum abhängig 754
Reitbahnbewegung 754
Drehbewegung durch Verletzung der halbzirkelförmigen Kanäle 758
Drehbewegung durch Ausreissen des n. facialis . . 759
Einfluss des Willens auf Mitbewegungen 760
Mitbewegungen der Augenmuskeln 761
f. Tonus und antagonistische Bewegungen 761
g. Reizbewegung 765
h. Unwillkürliche Bewegungen 766
1. Bewegung der Iris 766
Funktionen der Iris 766
Muskeln der Iris 766
Nn. oculomotorius und sympathicus cervicalis . 767
Centrum ciliospinale 768
Nervencentralapparate für die Iris 771
N. trigeminus 771
2. Athembewegungen 771
Inspirations- und Exspirationscentrum . . . 772
N. vagus 772
Centraltheil für die Inspiration 774
Respirationsbewegung als Reflex 774
Respirationsbewegung als Reizbewegung . . . 775

Digitized by Google

Seite
Einfluss des Hirns auf das Athmen 776
Einfluss des Gefühls auf das Athmen 776
Einfluss der übrigen Körperbewegungen . . . 777
3. Bewegungen des Herzens 777
Erregung der Herznerven durch das Blut und dessen Gase 777
Verhalten der inneren Herzfläche bei der Erregung 778
Die Herzbewegung als Reizbewegung 779
Aktive Erweiterung des Herzkanals 779
Einfluss des Hirns auf die Herzbewegungen . . 779
4. Bewegung des Magens und Darmes . . . 779
Erregungsmittel der Darmnerven 779
Verschiedene Darmnerven 780
Schleimhautnerven 781
N. vagus 781
Ganglia coeliaca et mesenterica 782
Nn. splanchnici 783
Einfluss der Centralorgane 785
5. Bewegung der Blase, der Geschlechtstheile, des Mastdarms 786
Wirkung des n. sympathicus lumbaris 786
Centrum genito-spinale 787
Einfluss des Hirns und des verlängerten Marks 788
Spontane Bewegung obiger Organe 789
III. Ernährung und Absonderung 789
Einfluss der Nerven auf Blut- und Athembewegungen 789
Einfluss der Bewegungsnerven auf die Ernährung 790
Einfluss der Gefühlsnerven auf die Ernährung 790
Folgen der Nervendurchschneidungen 790
des n. ischiadicus 790
des n. trigeminus 791
der Nn. vagi 792
Vermehrung des Leberzuckers nach Nervendurchschneidung 793
Einfluss der Nerven auf das Zellenleben 794
Functionen der einzelnen Nervenpartien 796
a. Grosses Gehirn 796
Schlaf 796
Erwachen 798
Bewegungen im Schlafe 799
Sekretionen im Schlafe 799
Blutcirculation im Gehirn 800
Unterbindung der Hirngefässe 800
Hirnbewegungen 801
b. Kleines Gehirn und Vierhügel 801
c. Verlängertes und Rückenmark 802
d. Die einzelnen Gehirnnerven 802
1. N. olfactorius 802
2. N. opticus 803

Seite

3. N. oculomotorius 804
4. N. trochlearis 805
5. N. trigeminus 805
6. N. abducens 809
7. N. facialis 809
8. N. acusticus 813
9. N. glossopharyngeus 813
10. N. vagus 813
a. Wirkung auf die Speiseröhre und den Magen . . 814
b. Wirkung auf die Respirationsorgane 815
c. Wirkung auf die Herzbewegung 819
11. N. accessorius Willisii 819
12. N. hypoglossus 819

e. N. sympathicus 820
Schwierigkeit der Untersuchung 820
Gangliensystem, seine Bedeutung 823
Ganglien als Bewegungsregulatoren 825
Einfluss der Ganglien auf Ernährung und Absonderung 827
Ganglien als Reflexorgane 827
N. sympathicus cervicalis 828
N. sympathicus thoracicus et lumbaris 829

f. Beziehungen der einzelnen Körpernerven zu den Nervenactionen der Theile 829
Verbreitungsbezirke der Gefühlsnerven 829
Verbreitungsbezirke der Bewegungsnerven 831
Verbreitungsbezirke der Sinnesnerven 832

IV. Sinnesempfindungen 832
A. Sehen 832
1. Optische Einrichtungen 833
Betrachtung des Bildchens auf der Retina 833
Augenspiegel 834
Entstehung des Bildes 835
A. Vereinigung der Strahlen 835
a. Cornea 835
Thränen 837
Meibom'sche Drüsen 837
b. Linse 837
Erklärung der Strahlenvereinigung 838
Einfallswinkel der Strahlen 840
Zerstreuungskreise 841
Sphärische Aberration 842
Accommodation 842
Scheiner'scher Versuch 843
Accommodationsvermögen 844
Veränderung der Linse bei der Accommodation 845
Sanson-Purkinje'sche Bildchen 846
Accommodationsphosphen 848
Ursachen der Linsenveränderung 848
Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit 850

Digitized by Google

Seite
Mittlere Sehweite 852
Bestimmung derselben 852
Wirkung der Iris 853
Brechende Kraft der Augenmedien 855
Brechungsexponent 855
Brechungsexponent der durchsichtigen Augentheile 856
Verschiedene Brechung der Linsenschichten . . 857
Qualitative Verschiedenheit der Lichtstrahlen . . 858
Achromasie 860
B. Verlauf der Richtungsstrahlen 860
Cardinalpunkte und Gang der Strahlen 861
Listing's reducirtes Auge 863
Gang der Lichtstrahlen im Auge 863
Gang eines Richtungsstrahles im zusammengesetzten Systeme 865
Kreuzungspunct, Gesichtswinkel 865
Grösse des Netzhautbildchens 866
Absorption der Lichtstrahlen 866
Dimensionen am Auge 867
2. Empfindung 867
Einleitung, Lichtäther, Lichtwellen 867
Bestandtheile des weissen Lichtes 869
Unsichtbare, chemische und Wärmestrahlen . . . 870
Wirkung der Augenmedien auf die chem. Strahlen 871
I. Der erregungsfähige Apparat 871
Bau der Retina 872
Gelber Fleck 874
Blinder Fleck im Auge 875
Mariotte'scher Versuch 875
Form und Grösse des blinden Flecks 877
Die empfindenden Theile 878
II. Ursachen der Erregung 879
A. Licht 879
1. Bedingungen der Empfindung 879
a. Beleuchtung 879
b. Aufmerksamkeit 880
c. Deutlichkeit 880
Entoptische Erscheinungen 880
Mouches volantes 880
Aderfigur 881
Leuchtende Aderfigur 882
d. Räumliche Ausdehnung 882
Schärfe des Sehens 883
e. Zeitliche Ausdehnung 883
2. Qualität der Empfindung 883
a. Farben 884
Pigmentfarben 885
Prismatische Farben 885
Complementäre Farben 888

* * *

Digitized by Google

	Seite
b. Lichtintensität	888
B. Mechanische Reizung des Auges	888
Druckbild	889
C. Reizung durch Vorstellungen	890
D. Elektrische Reizung	890
III. Dauer der Erregung	892
1. Positive Nachbilder	893
2. Negative Nachbilder	893
Nachbilder gefärbter Objekte	895
Farbiges Abklingen der Nachbilder	896
Contrastfarben	896
Inducirte Farben	897
Farbige Schatten	897
3. Bewegung	897
Verschliessung des Auges	897
Drehpunkt im Auge	898
Wirkung der Musculi recti	899
Wirkung der Musculi obliqui	899
Beobachtung der Bewegungen des lebenden Auges	900
Gesichtskreis	901
4. Psychische Thätigkeit	901
Aussenwelt	901
Gegenseitige Stellung der Objekte	902
Aufrechtsehen	902
Urtheil über Bewegung	904
Urtheil über Entfernung	904
Einfachsehen mit zwei Augen	908
Doppeltsehen nicht fixirter Punkte	908
Horopterische Linien, Horopter	910
Identische Netzhautstellen	910
Erklärung des Einfachsehens	913
Stereoskop	914
Erkenntniss der Tiefendimensionen	916
Irradiation	919
B. Hören	921
1. Fortleitung des Schalles	921
Concentration der Schallwellen	922
Äusseres Ohr	922
Ohrenschmalz, Trommelfell	923
Äusserer Gehörgang	923
Leitung der Schallwellen in der Paukenhöhle	923
Spannung des Trommelfells durch die Luft	926
Spannung des Trommelfells durch den Hammer	926
Wirkung des tensor tympani	927
Wirkung der Trommelfellspannung auf d. Hören	928
Schallleitung durch die Gehörknöchelchen	929
Fenestra rotunda und ovalis	930
Eustachische Trompete	930
Verbreitung der Schallwellen durch die Kopfknochen	930

Seite
Inneres Ohr 930
2. Gehörempfindung 930
a. Empfindendes Organ 932
Ampullen 932
Schnecke 933
b. Erregungen des Gehörorgans 934
c. Objekte der Gehörempfindung 934
Höhe und Klang der Töne 935
Combinationstöne 935
Schärfe und Feinheit des Gehörs 936
Nachempfindungen 937
Bewegungen 937
3. Psychische Aktionen 937
C. Riechen 937
Riechbare Stoffe 938
Geruchsnerv 938
Bau des Geruchsnerven 939
Seelenaktion 940
Subjective Gerüche 940
D. Schmecken 940
Schmeckende Stoffe 940
Geschmacksnerven 941
Subjectiver Geschmack 943
E. Tasten 943
Unterschied zwischen Tasten und Fühlen 943
Erfordernisse des Tastens 944
1. Communikation des Objectes mit Tastnerven . . 945
2. Empfindung der affizirten Nervenenden 945
Organe des Tastsinnes 945
Nachempfindung beim Drucksinn 947
Temperatursinn 948
Dauer und Feinheit der Tastempfindung . . . 950
Schärfe des Tastsinnes. Ortsinn 950
Lokalzeichen 952
3. Bewegungen der tastenden Flächen 953
4. Psychische Thätigkeit 953
Aufmerksamkeit 953
Urtheil 954

Digitized by Google

Digitized by Google

Die Physiologie des Menschen ist die Wissenschaft von den Erscheinungen des lebenden menschlichen Körpers und von den Gesetzen, unter welchen jene stehen.

Elementarbestandtheile des menschlichen Körpers.

Namen.	Zeichen.	Atomgewicht. H = 1.
Sauerstoff	O	8,00
Wasserstoff	H	1,00
Stickstoff	N	14,00
Kohlenstoff	C	6,00
Schwefel	S	16,00
Phosphor	P	31,36
Fluor	Fl	19,00
Chlor	Cl	35,46
Natrium	Na	23,00
Kalium	K	39,11
Calcium	Ca	20,00
Magnesium	Mg	12,00
Silicium	Si	14,81
Eisen	Fe	28,00

Verbindungen anorganischer Art.

Wasser (H O).

Kohlensäure ($C O_2$) [1]) als solche und in Verbindung mit Natron, Magnesia, Kalk.

Ammoniak ($N H_3$).

Cyan ($C_2 N$) in Verbindung mit Schwefelkalium.

Schwefelsäure ($S O_3$), in Verbindung mit Natron und Kali.

Schwefelwasserstoff (S H). — Kohlenwasserstoff ($C H_2$).

Phosphorsäure, in Verbindung mit Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd.

1) C = 6 O = 8, also $CO_2 = 6 + 2 \cdot 8 = 22$, d. h. in 22 Gewichtstheilen Kohlensäure sind enthalten 6 Kohlenstoff und 16 Sauerstoff.

Digitized by Google

Chlorwasserstoffsäure oder Salzsäure (Cl H).
Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorcalcium. — Fluorcalcium.
Natron (Na O) als solches und in Verbindung mit Schwefel-Salz-Phosphorsäure.
Kali (K O), in Verbindung mit Schwefel-Salz-Phosphorsäure.
Magnesia in Verbindung mit Phosphorsäure.
Kalk (Ca O), in Verbindung mit Phosphorsäure.
Eisenoxyd,
Kieselsäure.

Die wichtigsten Verbindungen organischer Art.

a) Stickstofflose:

Traubenzucker C_{12} H_{12} O_{12} + 2 HO. — Milchzucker C_{12} H_{11} O_{11} + HO. — Muskelzucker (Inosit). — Glycogen.
Fette und fette Säuren, als Stearin-Palmitin-Oleinsäure mit Lipyloxyd.
Cholesterin (Gallenfett).
Buttersäure C_8 H_8 O_4.
Milchsäure C_6 H_5 O_5 HO oder C_{12} H_{10} O_{10} 2 HO.
Ameisensäure C_2 HO_3 HO.

b) Stickstoffhaltige:

Eiweiss.
Faserstoff.
Käsestoff.
Leim.
Mucin (Schleimstoff).
Harnstoff.
Harnsäure.
Hippursäure.
Glycocholsäure.
Taurocholsäure.
Leucin.
Tyrosin.
Kreatin. — Kreatinin. — Inosinsäure.
Verschiedene Farbstoffe.

Eintheilung.

Die specielle Physiologie wird hier abgehandelt in drei Büchern, von denen

das erste die Erscheinungen von der Entstehung des Körpers,

das zweite die Erscheinungen der Ernährung,

das dritte die Erscheinungen der Bewegung und Empfindung des Körpers umfasst.

Digitized by Google

Erstes Buch.

Zeugung und Entwickelung.

1. In der grössten Zahl von Thierklassen ist es unbezweifelt, dass die jungen Thiere aus einem Theile des mütterlichen Körpers, gewöhnlich dem Ei, entstehen. Man nennt diese Art der Zeugung: mütterliche oder gleichartige, generatio homogenea s. aequalis. Zeugungsform, 1–4. a) generatio aequalis;

2. Bei einigen Thierklassen hingegen, nämlich den Räderthierchen, Eingeweidewürmern und Infusorien, hatte man früher vermuthet, dass sie immer wieder von Neuem, und zwar aus abgestorbener organischer Substanz geschaffen würden. Diese Zeugung erhielt den Namen: Urzeugung, generatio spontanea s. aequivoca s. heterogenea. b) generatio aequivoca.

3. Folgende Wahrnehmungen unterstützten die Lehre von der generatio spontanea: a) Eingeweidewürmer sterben in der Regel, wenn sie den Körper verlassen haben, sehr rasch, und b) ihre Organisation weicht oft sehr von der Organisation anderer ausserhalb des Thierkörpers lebender Thiere ab; c) man hat sogar Eingeweidewürmer in Embryonen und Hühnereiern (Eschscholtz) gefunden; d) einzelne Species kommen sehr häufig nur bei einzelnen Thierspecies vor und sind e) zuweilen auf besondere sehr abgeschlossene Organe des Körpers, z. B. die Nieren, die Muskeln, das Gehirn, ganz allein beschränkt; f) pflanzenfressende Thiere, z. B. Schafe, haben Eingeweidewürmer, und selbst nicht selten im Gehirne; g) man hatte nur in sehr vereinzelten Fällen Eingeweidewürmer von verschiedenen Entwickelungszuständen und in verschiedenem Alter gefunden; h) Infusionsthierchen zeigten sich (Spallanzani) [1]) in Aufgüssen von gekochter organischer Substanz mit destillirtem Wasser und künstlich bereiteter Luft, demnach also unter Verhältnissen, unter denen es schwer zu erklären schien, dass jene Thierchen aus Eiern entstanden sein können.

1) Spallanzani, Physikalische und mathematische Abhandlungen. Leipzig 1769, p. 184.

Digitized by Google

4. Nichtsdestoweniger ist die Annahme einer generatio aequivoca schon in älterer Zeit vielfach bezweifelt (Spallanzani), in der neueren Zeit (Ehrenberg)[1]) unhaltbar geworden, und zwar aus folgenden Gründen:

a) Eingeweidewürmer und besonders die Räderthierchen haben zusammengesetzte, zum Theil ausgebildete Organe für die Digestion, die Bewegung, Empfindung und Geschlechtsfunction. — Es ist nicht glaublich, dass so vollständig organisirte Körper nach ganz verschiedenen Gesetzen, wie die anderen Organismen, entstehen.[2])

b) Dieselben Thiere tragen Tausende von Eiern in ihrem Körper (so z. B. der Bandwurm), welche Einrichtung zwecklos wäre, wenn sie aus Schlamm und verdorbenem Schleime sich von Neuem erzeugen könnten (Eschricht).[3])

c) Die Fortpflanzung der Infusorien und Räderthierchen ist so gross, dass man den darüber angestellten Beobachtungen zufolge berechnen kann, dass aus einem Thierchen in wenigen Wochen Millionen entstehen können (Ehrenberg).

d) Wiederholt fand man im Blute niederer und höherer Thiere in starker flimmernder Bewegung begriffene Körper, welche man vielleicht für Larven von Eingeweidewürmern ansehen kann (Valentin, Gruby, Delafond, Vogt, Schmitz, Gluge, Mayer u. A.).

e) Durch neuere Untersuchungen hat man bei vielen, besonders wirbellosen Thieren, unter ihnen auch bei Infusorien und Eingeweidewürmern, ihre Fortpflanzungsweisen genauer kennen gelernt, welche manches Eigenthümliche darbieten. — Diese Eigenthümlichkeiten lassen sich hauptsächlich unter zwei Rubriken bringen, indem nämlich erstens vorkommt, dass Begattung und Befruchtung nicht unter allen Umständen zur Fortpflanzung nothwendige Bedingungen sind und zweitens, dass der aus dem Ei des Mutterkörpers hervorgehende neue organische Körper nicht nur ganz und gar verschieden von jenem ist, sondern auch merkwürdige Umwandlungen eingeht, bevor er auf grossen Umwegen wieder Form und Eigenschaften des Mutterkörpers annimmt[4]).

ad 1) Bei den Bienen wurde zuerst von Dzierzon beobachtet, dann von v. Siebold, v. Berlepsch und Leuckart bestätigt, dass

---

1) Ehrenberg, Die Infusionsthierchen, als vollk. Organismen. Leipz. 1838. fol.

2) Dass hingegen die Infusorien nicht so reich an Organen sind, wie von Ehrenberg angenommen wurde, darüber vgl. Dujardin in Ann. d. sc. X, 275. Siebold, vgl: Anat. Bd. I und besonders das neueste Werk von Stein über Infusorien. Leipzig 1860.

3) Eschricht über Botriocephalen. Nov. act. Leopold. 1840.

4) Man vgl. über diese Gegenstände Steenstrup, Generationswechsel. Kopenhagen 1842. R. Owen, on parthenogenesis. London 1849. Siebold, Wahre Parthenogenesis. Leipzig 1856. Küchenmeister, Parasiten. Leipzig 1855. Burdach's Physiologie. 2. Aufl. 2. Bd.

Digitized by Google

die Eier, aus welchen die männlichen Bienen, Drohnen, entstehen, vorher gar nicht befruchtet zu sein brauchen. Die Begattung der Bienenkönigin erfolgt in der Luft. Wenn hingegen eine Königin gar nicht fliegen kann (flügellahm ist), so legt sie dennoch Eier, aus welchen jedoch nur Drohnen hervorgehen; dasselbe findet sich auch bei Königinnen, welche noch niemals befruchtet worden sind; selbst die Arbeiterinnen, welche unvollkommene weibliche Bienen sind, aber niemals befruchtet werden, legen mitunter Eier, aus denen jedoch keine Arbeits-, also weibliche Bienen, sondern lediglich Drohnen hervorgehen. — Auch noch von andern Insecten ist eine Fortpflanzung ohne Zuthun des Männchens beobachtet worden. Man nennt diesen Vorgang nach Owen und v. Siebold jungfräuliche Zeugung oder Parthenogenesis.

ad 2) Zunächst schliessen sich die Blattläuse an, bei welchen im Herbste Männchen und Weibchen vorkommen, welche sich vollkommen begatten. Aus den Eiern gehen aber Junge hervor, welche ohne weitere Befruchtung mehre Generationen von unvollkommenen Weibchen erzeugen, bis endlich wieder Eier entstehen, aus denen vollkommene Weibchen und Männchen entstehen.

Viele niedere Thiere, und darunter besonders auch Eingeweidewürmer, haben in ihrer Jugend eine ganz andere Form, als in ihrem ausgebildeten Zustande, ja zuweilen erfolgt sogar mehr als eine Metamorphose, ehe ein solches Thier seine bleibende Gestalt erreicht hat. Steenstrup hat diese Metamorphose mancher niederer Thiere unter einer besondern Form entdeckt und sie mit dem Namen Generationswechsel bezeichnet, dessen Eigenthümlichkeit darin besteht, dass aus der Larve neue, der Mutter unähnliche Geschöpfe sich bilden, und zwar nicht jedesmal aus einer Larve nur ein Thier, sondern sogar eine ganze Brut, und dass erst aus diesen Wesen dem Mutterkörper gleichende Thiere hervorgehen. In einem keimbereitenden Organe einer Qualle, der Medusa aurita, bilden sich infusorienartige Thiere, welche, aus dem Mutterkörper gelöst, bald eine Scheibe in ihrem Körper bekommen, mit der sie sich an Steine, Blätter etc. wie Polypen festsetzen. Hier wachsen aus jeder Scheibe Fangarme hervor und dann schnüren sich mehre Abtheilungen nach und nach ab, erhalten ihr medusenförmiges Ansehen und schwimmen frei im Meere herum (Sars). — Der Glockenpolyp (Campanularia geniculata *Loven*) stellt eine Colonie von Individuen dar, welche gemeinsam auf einem Polypenstocke sitzen. Einige unter ihnen enthalten einen eiartigen Körper in sich, welcher zerplatzt und ein mit Flimmerhaaren bedecktes Wesen hervortreten lässt, das frei im Wasser lebhaft schwimmt. Nach einiger Zeit setzt sich dasselbe an ein Blatt oder sonstwo fest und entwickelt sich hier wieder zum Polypen, der

Digitized by Google

sich durch Sprossen vergrössert. — Seesterne und Seeigel entstehen aus Geschöpfen, welche jenen vollkommen unähnlich sind. Nur ein Theil des Larvenkörpers wird zu dem ausgebildeten Thiere, der grösste Abschnitt geht zu Grunde. Der junge Seestern z. B. liegt schief in dem Körper seiner Larve, die Arme und der Mund der letzteren gehen nicht in dieselben Theile des Seesterns über (J. Müller).

Auch bei Eingeweidewürmern hat man solche Metamorphosen, sowohl in der einfachen Form, als auch in der eigenthümlichen Form des Generationswechsels, beobachtet. Die interessantesten Beispiele sind folgende: Es finden sich bei Mollusken, z. B. in der bekannten Sumpfschnecke (Limnaeus stagnalis), in der Paludina vivipara etc., sehr häufig kleine gelbe Würmchen, welche beim Zergliedern oft zu Hunderten austreten. Jedes dieser Würmchen enthält in einer und derselben Hülle (Ammen nach Steenstrup) eine Menge von infusorienähnlichen geschwänzten Thieren, Cercarien genannt (Bojanus).[1]) Der Schlauch zerplatzt, die Cercarien treten aus, bewegen sich lebhaft, gelangen in das umgebende Wasser, in dem man sie in grosser Menge findet. Hier mögen sie weiter wachsen, bis sie soweit entwickelt sind, einen zweiten Process einzugehen. Sie setzen sich an Schnecken an, schlagen ihren Schwanz ab und verpuppen sich auf der Schneckenoberfläche. Nachdem mehre Monate der Puppenzustand gedauert, geht ein bekannter mit Geschlechtsorganen versehener Eingeweidewurm, ein Distoma, daraus hervor, welcher in das Innere der Schnecke sich einbohrt, besonders in der Leber seinen Wohnsitz aufschlägt (Steenstrup). — Ein solcher Trematodenwurm ist auch das bei Vögeln, z. B. in den unterhalb der Augäpfel der Gänse verborgenen Backenhöhlen, vorkommende Monostomum mutabile. Es gebiert lebendige Junge, die, mit Wimperhaaren bedeckt, frei im Wasser schwimmen und einen eigenthümlichen, mit Seitenfortsätzen versehenen Körper einschliessen. Der Embryo zerfliesst nach einiger Zeit, sein Inhalt bleibt zurück. Es wird daraus eine Cercarie (v. Siebold). Hiernach wird's also fast gewiss, dass die Jungen aus Distomeneiern zu Cercarienschläuchen werden und aus deren Inhalt die Distomen sich in Folge einer Verpuppung bilden. — In Insectenraupen kommen fadenförmige Würmer nicht selten vor, so z. B. in der an verschiedenen Gesträuchen lebenden Raupe einer bekannten Motte, Yponomeuta evonymella, ein Wurm, Mermis albicans *Sieb.* Er wächst und entwickelt sich bis zu einem gewissen Grade in der Raupe, bohrt sich dann aus ihr heraus, verkriecht sich in feuchte Erde, erhält hier erst Geschlechtsorgane, die ihm früher fehlten, legt Eier, deren Larven von Neuem sich in Raupen einbohren (v. Sie-

1) Bojanus bei v. Baer. Nov. act., T. XIII, 2.

Digitized by Google

bold). Der Zeitpunct, in welchem die Eingeweidewürmer reif zur Bildung von Geschlechtsorganen werden (— der sich mit dem Zeitpuncte vergleichen lässt, in dem der Zustand der Larve bei Insecten in den der Puppe übergeht —), bezeichnet ein neues Stadium im Leben derselben. An einem andern Orte, den sie durch Instinct oder Zufall erreichen, treten sie in dieses ein und verändern dabei oft ihre Körperform. — Im Stichlinge (Gasterosteus trachurus) lebt ein Bandwurm ohne deutliche Geschlechtsorgane, Schistocephalus dimorphus *Crepl.*, der in andern Vögeln, die den Stichling fressen, erst Geschlechtstheile bekömmt und fortpflanzungsfähig wird. Bei einem andern Bandwurm, Ligula simplicissima, verhält sich's ganz so, je nachdem er seinen ersten Wohnsitz in Fischen oder seinen zweiten in Vögeln hat (Creplin). Aus den Eiern von Bandwürmern geht ein winziger Embryo mit sechs Häkchen versehen hervor (v. Siebold), der sich in verschiedene Thiere eingräbt. Hier entsteht in dem Embryo eine Larve, Scolex genannt, in welcher Saugnäpfe und Hakenkränze hervortreiben, während der Embryo selbst keinen Theil zur neuen Bildung hergiebt. So fand man z. B. auf dem Magen des Mehlwurms stecknadelkopfgrosse Bläschen, die einen Embryo enthielten. In dessen Innern bildete sich ein Scolex, während die Häkchen des Embryo zerstreut in der Umgebung sich fanden, ohne zu dessen Hakenkranz verwendet zu werden (Stein). Viele dieser Scolices sind mit einer Blase umgeben und wurden bisher als Blasenwürmer (Cystici) aufgeführt. Sie sind nur eine Entwickelungsstufe der Bandwürmer (Cestodes), indem sie, an den passenden Aufenthaltsort gelangt, nun mit Geschlechtstheilen versehen werden. Der Scolex ist der Bandwurmkopf, an welchem die Glieder, welche wesentlich die Geschlechtsschläuche darstellen, in stetem Zuwachs hervorsprossen. Diese Glieder können sich vom Gesammtkörper lösen, selbständig sich bewegen, legen Eier und stellen daher wieder besondere Thiere (Proglottis genannt) vor, welche aus dem Wohnsitz entfernt (z. B. mit den Excrementen) einer weitern Brut Entstehung geben. In der Leber von Mäusen und Ratten kommt ein Blasenwurm (Cysticercus fasciolaris) vor, welcher die grösste Ähnlichkeit mit dem vorderen Körperende eines in Katzen angetroffenen Bandwurms (Taenia crassicollis) hat (v. Siebold). Der Embryo ist im Körper der Nagethiere nur zum Scolex entwickelt. Im Leibe der Katze erhält er seine Glieder. Die Umwandlung von Blasenwürmern in Bandwürmer kann nun, nach neuen Untersuchungen von Küchenmeister, bestätigt durch v. Siebold und van Beneden [1]), als Thatsache betrachtet werden. Man gab

1) Van Beneden mémoires sur les vers intestin. Par. 1858. 4.

nämlich Hunden eine ganze Anzahl von Blasenwürmern mit Milch zu verschlucken. Schon nach zwei Stunden waren die Blasen im Magen verschwunden, die Thiere hatten ihren Kopf und Hals in den Körper eingezogen, nach drei Stunden fanden sie sich im Darme. Nach mehren Tagen waren sie bedeutend gewachsen, ihr Körper war gegliedert, und nach 20 bis 25 Tagen waren sie mehre Zoll lang, nach acht Wochen bis 36—39″, ihre hinteren Glieder hatten Geschlechtsorgane. Aus den Blasenwürmern waren Bandwürmer entstanden, nämlich aus Cysticercus pisiformis wurde Taenia serrata. — Ich habe eben solche Versuche an einer Katze gemacht, die eine grosse Menge von Tänien, meistens von einer Länge von 1—1½″, im Dünndarme zeigte, nachdem sie zehn Tage vorher einen ganzen Bündel von Cysticerci pisiformes verschluckt hatte. — Herbst [1]) fütterte Hunde mit dem Fleische eines Dachses, in dessen Muskeln sich ein Eingeweidewurm (Trichina spiralis) in grosser Menge fand. Nach einer gewissen Zeit waren diese Thiere sämmtlich inficirt, ihre Muskeln voll von demselben Entozoon.

Der Aufenthalt der Eingeweidewürmer ist nicht zu jeder Zeit des Jahres in dem gleichen Organe desselben Thieres. In den Sommermonaten fand man einen Wurm (Echinorhynchus) in den Eingeweiden des Dorsches, welcher im September bis December in den Muskeln vorkam (Eschricht). [2])

Ein neueres, besonders interessantes Beispiel von Generationswechsel ist auch bei Fischen durch Aug. Müller [3]) (in Berlin) bei Petromyzon Planeri entdeckt worden, und es ist nach Agassiz [4]) nicht unwahrscheinlich, dass auch der in seiner Entwickelung so tief stehende Fisch, Branchiostoma lubricum, gleichfalls eine Fischlarve ist.

f) Bei der Kleinheit der Eier von Infusorien schützt die scheinbar sorgfältigste Vorsicht und Reinigung nicht vor der Möglichkeit, dass dieselbe in Gefässe gelangen, in welchen Aufgüsse gemacht werden.

g) Werden gekochte organische Flüssigkeiten, die man wohl verschliesst, mit einer Luft in Berührung gebracht, die vorher ausgeglüht oder durch Schwefelsäure durchgeleitet wurde, so bilden sich keine Infusorien darin (F. Schultze, Schwann [5]), Leuckart). [6])

h) Die Fadenpilze, welche man wie die Infusorien durch generatio acquivoca entstanden ansah, lassen sich durch Samen künstlich mit erstaunlicher Geschwindigkeit fortpflanzen (Ehrenberg). [7]) Von

1) Herbst, Nachrichten der Gött. Univ. 1851, Nr. 19; 1852, Nr. 12.
2) Eschricht in Acta Leop. 1840.
3) Müller in J. Müller's Archiv 1857.
4) Agassiz contribut to the nat. hist. Bost. 1855; Essay on classification 1859.
5) Schwann in Müller's Archiv 1843, p. 453.
6) Leuckart in Wagner's Handwörterbuch, IV, 991.
7) Ehrenberg, Nov. act. nat. cur., T. X.

Digitized by Google

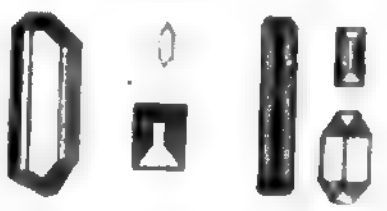
grossem Interesse sind die Erscheinungen von Generationswechsel bei Brandpilzen, welche Tulasne [1]) entdeckt hat.

4a. Man darf demnach für höchst wahrscheinlich als Gesetz der Natur aussprechen, dass junge Thiere nur aus lebenden Körpern derselben Art (Mutterkörpern) hervorgehen und keine neue Schöpfung von Thieren jetzt mehr erfolgt.

5. Zur Zeugung der Wirbelthiere und des Menschen ist der mechanische Contact des männlichen Samens mit dem weiblichen Ei wesentliche Bedingung. Bedingungen zur Zeugung des Menschen.

6. Der männliche Samen, sperma s. semen virile, wie er aus der Harnröhre entleert wird, ist eine weisse, dickliche, eigenthümlich riechende (aura seminalis) Flüssigkeit. Sie enthält, mikroskopisch untersucht: Fäden, spermatozoa s. fila spermatica (entdeckt von Ham, einem Schüler Leuwenhoek's [2]) 1677), welche, durch Eiweisslösung, Zuckerwasser, Speichel, Urin, Schleim verdünnt, noch mehre Stunden sich lebhaft bewegen, und aus einem etwa $^1/_{500}$‴ langen Köpfchen und einem damit verbundenen, helleren, schmäleren $^1/_{50}$‴ langen Faden (Schwanz) (Taf. I, Fig. 1) bestehen. Der Samen reagirt gewöhnlich neutral oder alkalisch und besteht aus einer Flüssigkeit, in welcher die sehr reichliche feste Substanz (der Samenfäden) schwimmt. Die Flüssigkeit wird durch Wasserzusatz gelatinös und erscheint in weisslichen Flocken. Im getrockneten Samen sind in grosser Menge Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia (s. beistehende Fig. 1) bemerklich. — Die Samenfäden können sowohl frisch als getrocknet nicht leicht mit andern mikroskopischen Elementen verwechselt werden. Bei der Diagnose kömmt es darauf an zu wissen, dass in einem Samentropfen eine überaus grosse Menge von Fäden enthalten ist. Ein vorliegendes Präparat, in welchem sich daher nur ein oder zwei Körperchen finden, welche man für Samenfaden ansprechen könnte, muss daher misstrauisch betrachtet werden. Sich durch Bewegungen von Infusorien nicht irreleiten zu lassen, ist leicht. Vor langer Zeit eingetrocknete Samenfäden lassen sich noch gut wieder erkennen. 1) Von Seiten des Mannes. 6 — 18. a) Männlicher Samen.

Figur 1.



Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia.

Frerichs [3]) giebt vom Karpfensamen an, dass die Flüssigkeit eine dünne Lösung von Schleim mit Kochsalz, phosphorsaurem und schwefelsaurem Kali sei; die feste Substanz nur im unentwickelten Zustande Eiweiss enthalte, das sich ebenso vermindere, wie sich die

1) Tulasne in Ann. des sc. IV., Ser. II, 77.
2) Leuwenhoek arcan. nat. Delph. 1695.
3) Frerichs in Todd's cycl. Semen., p. 680.

Digitized by Google

Samenfäden mehr entwickeln. In letzterem Zustande sollen sie aus derselben Substanz, wie die Epithelien und wie überhaupt jede Hornsubstanz, nämlich aus dem sogenannten Proteinbioxyd, bestehen und kein Eiweis enthalten. Übrigens finden sich im Samen 4,05% butterartiges Fett, Phosphor und 5,21% phosphorsaurer Kalk (Frerichs). Kölliker [1]) fand im reifen Samen des Ochsens: Wasser 82,06, feste Substanz 17,94. Von dieser kamen auf den Eiweisskörper der Samenfäden 13,138, auf phosphorhaltiges Fett 2,165, Salze 2,137. — Er fand, dass durch concentrirte Schwefel-, Salpeter-, Salzsäure, kaustische Alkalien in der Kälte die Samenfäden ihre Form nicht verändern, selbst nicht durch Kochen mit concentrirter Essigsäure. Sie vertragen sogar zwei Minuten dauerndes Kochen mit Salpetersäure, werden aber durch kaustisches Kali beim Kochen gelöst, und zwar zuerst die Fäden, dann die Köpfe. Vauquelin [2]) hatte in dem Samen eine eigenthümliche Substanz, das Spermatin, angenommen, welche wahrscheinlich eine Mischung verschiedener (damals noch unbekannter) Stoffe ist.

Die Bewegung der Samenfäden geht von dem Faden, nicht vom Kopfe aus. Sie dauert noch einige Zeit lang fort, nachdem der Samen entleert ist. In Leichen von plötzlich Verstorbenen soll sie selbst mitunter mehre Tage noch beobachtet werden können; im Urine hört sie gewöhnlich rasch auf. Wenn die Samenfäden sehr dicht aneinander liegen, so bleiben sie meist ruhig, bis ein Verdünnungsmittel angewandt worden ist. Durch Wasser hört die Bewegung bald auf, indem die Spermatozoen sich zusammenrollen, dann aber kann man sie nach Kölliker durch verdünnte Alkalien, Lösungen von Harnstoff, Salzen, Zucker, Eiweiss, phosphorsaurem Natron, durch reines Glycerin und Amygdalin wieder beleben. Obgleich kaustische Alkalien die Bewegung aufheben, so tritt doch zunächst nach Kölliker eine grössere Lebhaftigkeit ein. Narcotica, welche nicht chemisch einwirken, haben keinen Einfluss. Alkohol, Aether, Creosot, Chloroform sind schädlich; ebenso viskose Substanzen, wie Pflanzenschleim, Gummi, Speichel, Vaginalschleim, concentrirte Traubenzuckerlösungen etc.; ebenso alle Säuren und Metallsalze, besonders Sublimat. — Die Ursache der Bewegung der Samenfäden ist bis jetzt unermittelt. Verschiedene Theorien sind von Funke [3]), Ankermann [4]), Kölliker [5]) aufgestellt worden.

---

1) Kölliker in Zeitschr. f. wiss. Zool., VII, 258.
2) Vauquelin in Berzelius' Chemie IX, 634.
3) Funke, Phys. 1. Ausg., II, 1022.
4) Ankermann de motu et evolut filor. sperm. ran. Regiom. 1854.
5) Kölliker in Verh. der Würzb. Ges. 1855.

Digitized by Google

7. Man hält die Samenfäden nicht für Thiere, sondern für bewegungsfähige Zellengebilde, und zwar aus folgenden Gründen: a) es lassen sich in ihnen keine Organe, besonders keine Darmhöhle, erkennen; b) in ihren Bewegungen ist keine Willkürlichkeit nachzuweisen; c) es giebt noch andere thierische Theile, von denen man bestimmt weiss, dass sie nur Organtheile, keine selbständigen Wesen sind und die sich dennoch getrennt vom Körper Tage lang bewegen können; dahin gehören z. B. die flimmernden Epithelialblättchen auf einigen Schleimhäuten, vgl. Buch III Nr. 1 fg., die Schwärmsporen bei Pflanzen etc. d) besonders aber spricht dafür die Entwickelung der Samenfäden (Wagner [1]), Kölliker). [2]) Bei wirbellosen Thieren, besonders Weichthieren und Anneliden (ich empfehle zur Untersuchung das im Schlamme fliessender Wässer so häufig vorkommende Thierchen, Tubifex rivulorum) findet man in den Hoden alle Stufen neben einander, aber auch bei höhern Thieren hat man Gelegenheit, die Entwickelung zu studieren. Ich [3]) habe in dem Inhalte der Hoden von Tubifex rivulorum (Taf. I, Fig. 1′) erstens ganz einfache Zellen (*a*) gesehen, dann andere, in welchen sich bereits eine Tochterzelle gebildet hatte (*b*), dann wieder andere, in welchen diese Furchung weiter und weiter fortgeschritten war. Die Mutterzelle war von Tochterzellen um und um bedeckt, aus dem Kerne einer jeden bildete sich ein Samenfaden, so dass ein Haufe von Samenfäden nebeneinander hervorging (*i*, *k*). — Das Gesammtresultat der zahlreichen über diesen Gegenstand besonders von Kölliker angestellten Untersuchungen lässt sich nach meiner Ansicht dahin zusammenfassen, dass in oder um eine Mutterzelle, wahrscheinlich durch fortdauernde Theilungen eine bald grössere und bald geringere Menge von Tochterzellen entstehen, die (oder wahrscheinlich deren Kerne) sich schliesslich dadurch, dass an ihnen ein Faden auswächst, in Samenfäden umwandeln. — Ausser den schon erwähnten Arbeiten sind noch hervorzuheben die von Wagner und Leuckart [4]), Reichert [5]), Quatrefages [6]), Meissner und Bischoff [7]). — In der Winterzeit verschwinden bei Singvögeln die Samenfäden und in den sehr kleinen

---

1) Wagner in Müller's Archiv 1836.

2) Kölliker, Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere. Berlin 1841. — Desselben Bildung der Samenfäden in Bläschen in den Denkschr. der schweiz. naturf. Ges. 1846, Bd. VIII.

3) Budge, Ueber die Geschlechtsorg. von Tubifex rivul. in Troschel's Archiv XVI.

4) Wagner und Leuckart in Todd's cycl. Semen.

5) Reichert in Müller's Archiv 1847.

6) Quatrefages in den Ann. des sc., 3. Ser., T. XIX.

7) Meissner und Bischoff in Zeitschr. für wiss. Zool., V, 207, VI, 208 und 377.

Digitized by Google

Hoden finden sich nur Zellen. Vgl. No. 8 und 9. In der ganzen Thierreihe bilden sich die Samenfäden aus Zellen (Kölliker), und zwar in der Art, dass in dem Innern einer Mutterzelle mehr oder weniger Kerne (Tochterzellen) (Taf. I. Fig. 1') entstehen und in einem jeden bildet sich ein Samenfaden. Es giebt Thierklassen, bei welchen die Samenzellen sich nicht weiter entwickeln, und bei ihnen kommen keine Samenfäden vor, so bei Myriapoden und Crustaceen, bei denen eigenthümlich gestaltete, unbewegliche Körperchen den Inhalt der Geschlechtsdrüsen ausmachen.

8. Vor der Pubertät besteht der Samen nur aus Samenzellen (No. 7) und noch nicht aus Samenfäden. Diese finden sich aber bis ins hohe Alter (Duplay) [1]) und verschwinden nicht bei zehrenden Körperkrankheiten.

9. Das Secretionsorgan des Samens sind die Hoden. Wesentlich besteht der Hoden aus Samenkanälchen, tubuli seminales, welche in ihren vielfachen Windungen die durch inwendige Fortsetzungen der albuginea testis (septula testis genannt) geschiedene Läppchen bilden. An einem Samenkanälchen unterscheidet man die Hülle und die von derselben umschlossenen Zellen. Diejenigen, welche an der inwendigen Fläche der Hülle ansitzen, bezeichnet man als Epithelialzellen ($^1/_{125}$ — $^1/_{200}$'''). Der Kanal selbst enthält noch andere Zellen, in denen die Bildung der Samenfäden zunächst erfolgt. In jungen Individuen sind diese Zellen noch kleiner, zur Zeit der Geschlechtsreife wachsen sie und enthalten dann eine ganze Zahl von Kernen, aus deren jedem sich ein Samenfaden entwickelt, indem der Kern sich zum Kopfe umwandelt und aus demselben ein Faden herauswächst (Kölliker). — An den Uebergängen des Hodens zum Nebenhoden werden die Samenfäden frei, im Hoden selbst bleiben sie meistens in ihren Kapseln eingeschlossen; obwohl man auch stellenweise schon im Hoden freie findet. — In welchem Verhältnisse die Epithelzellen der Hülle der Samenkanälchen zu den Samenzellen stehen, ist noch nicht ermittelt. Wahrscheinlich möchte es sein, dass sie von grossem Einflusse sind.

Die Samenzellen zeigen die merkwürdige Erscheinung periodischer Entwickelung, wie zuerst Wagner [2]) beobachtet hat. Im Winter fand derselbe in den Hoden der Singvögel bloss kleine Körnchen und im Frühjahr entwickeln sich erst vollkommene Samenzellen. Die Grösse der Hoden ist im Winter bei diesen Thieren ausserordentlich viel kleiner. — Diese periodische Bildung und Rückbildung findet, wie unten gezeigt wird, auch an den Ovarien und deren Zellen ein Analogon. Bei

1) Duplay in Arch. gen. 1852.
2) Wagner in Müller's Archiv 1836.

Digitized by Google

den Männchen von Säugethieren ist dieser Unterschied jedenfalls nicht so hervorstechend. Die Samenbildung scheint hier unaufhörlich zu erfolgen, aber zu manchen Zeiten in verstärktem Masse stattzufinden. Bei Menschen ist diese Secretion nicht periodisch, wird aber durch öftere Anregung ohne Zweifel vermehrt.

10. Samenfäden kommen bei Wirbelthieren und bei wirbellosen Thieren vor. — Auch bei manchen Pflanzen, z. B. Charazeen, hat man sie beobachtet.

11. Die Entleerung des Samens besteht eigentlich aus zwei Prozessen, welche zusammen gehören. Erstens muss die Samenflüssigkeit bis an das Ende der samenführenden Gänge gebracht und zweitens von dieser Stelle aus bis an die Ausflussmündung und aus derselben, d. h. aus dem ostium cutaneum der Harnröhre gespritzt werden.

Die samenführenden Gänge münden bekanntlich auf der Höhe des Vorsprungs, welcher in der pars prostatica der Harnröhre das sogenannte caput gallinaginis bildet, durch sehr enge, schräg gerichtete Oeffnungen. Samenführende Gänge kann man nur diejenigen Kanäle nennen, welche freie Samenfäden enthalten, nicht aber diejenigen, in welchen die Samenfäden noch innerhalb ihrer Zellen sich befinden. Daher können wir die Hodenkanäle, obwohl auch diese canaliculi seminiferi genannt werden, nicht zu denselben rechnen. Denn in den Hoden sind die Samenfäden grösstentheils noch in ihren Zellen, s. No. 9. — Zu den eigentlichen samenführenden Gängen gehören mithin der ganze Nebenhoden, sowohl der aus den vascula efferentia bestehende Kopf, als die aus dem canalis epididymidis bestehende cauda, ferner das vas deferens, Samenblase und ductus ejaculatorius. — Die Länge dieses ganzen Kanals ist:

canalis epididymidis . . . . . 20—30′
vas deferens, Samenblasen und ductus ejacul. 2—3′,

also auf beiden Seiten 44—66′ lang. — Der Durchmesser des Kanals im Lichten ist sehr verschieden, im canalis epididymidis kaum $^1/_{10}$‴, im vas deferens $^1/_3$‴, in der Samenblase 2—3‴, im ductus ejaculatorius etwa $^1/_6$‴. — Da alle diese Räume elastisch sind, so können sie eine nicht geringe Menge von Samenflüssigkeit in sich aufnehmen. Die Menge, welche sich aber wirklich vorfindet, wird von der Menge des Zuflusses aus den Hoden und des Abflusses in die Harnröhre abhängen. Unmittelbar nach einer Entleerung wird weniger Samen vorhanden sein.

Es sind verschiedene Mittel bekannt, welche die Fortleitung der Samenflüssigkeit zu bewirken im Stande sind. 1) Muskelfasern sind in dem ganzen ebenbezeichneten Kanale vorhanden, von den Nebenhoden an bis zu den ductus ejaculatorii, wodurch also eine Bewegung desselben möglich ist. Besonders interessant ist aber, dass die

Digitized by Google

Prostrata sehr reich an Muskelfasern ist (Kölliker). Da nun die ductus ejaculatorii innerhalb dieser Drüse verlaufen, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Muskelfasern derselben wesentlich zur Bewegung dieser ductus beitragen. Auch die tunica albuginea des Hoden enthält nach Kölliker Muskelfasern, deren Wirkung bei der Entleerung vielleicht auch in Betracht kommt. [1]) 2) Flimmerbewegung. Nach einer neuern Beobachtung (O. Becker) ist im Kanale des Nebenhodens bis zum Anfange des vas deferens ein mit Flimmerhaaren besetztes Epithel vorhanden, wodurch eine flackernde Bewegung in der Richtung gegen das vas deferens hin bewirkt wird. — Ohne Zweifel mögen die leicht beweglichen Samenelemente durch das Flimmerepithel weiter fortrücken; sodass also durch diese Wege eine rasche Förderung des Samens erfolgen kann.

Von der bedeutenden Bewegungsfähigkeit der ductus deferentes habe ich mich oft bei Thieren überzeugt, wenn die Gänge selbst oder ihre Nerven einer Reizung, am besten durch den Galvanismus, ausgesetzt wurden. — Man wählt den n. sympathicus lumbaris dazu. Wird er galvanisirt, so schiebt sich mit grosser Vehemenz der ductus deferens gegen den Nebenhoden hin. Die Bewegung gleicht der Darmbewegung. Man vergleiche, was hierüber in der Nervenlehre mitgetheilt wird.

Die Fortleitung des Samens in der Richtung gegen die Harnröhre hin ist somit theils eine continuirliche, bis zum Anfange der vasa deferentia, bewirkt durch die Flimmerbewegung resp. die Samenfäden selbst, theils eine periodische, bewirkt durch die Muskeln. — Der bis zum Ende der vasa efferentia fortgeführte Samen wird in den Samenblasen angesammelt.

Die Samenentleerung, welche mit Bewegungen der Muskelfasern der samenführenden Kanäle zusammenhängt, kommt vor bei Reizung des männlichen Gliedes, wie bei der Begattung, ferner durch Vorstellungen, durch Druck auf die Samenblasen bei starker Anfüllung des Mastdarms und Blase, bei Pollutionen. Endlich giebt es auch Arzneimittel, welche die Entleerung des Samens befördern. — Der physiologische Zusammenhang dieser Erscheinungen ist noch wenig aufgeklärt.

Zwei Thatsachen, welche ich beobachtet habe, verdienen jedoch besondere Erwähnung. Schon vor längerer Zeit habe ich nachgewiesen, dass Reizung des kleinen Gehirns Bewegung der ductus deferentes zu veranlassen im Stande ist, und neuerdings [2]), dass durch Reizung des Lumbartheils vom Rückenmarke die vasa de-

---

1) O. Becker in Moleschott's Unters. II, 71.

2) Budge in Unters. über das Nervens. Fkft. a. M. 1841, und Virchow, Archiv f. path. Anat. 1858, XV, 115.

Digitized by Google

ferentia sich contrahiren. Letzteres ist deshalb besonders wichtig, weil dadurch einsichtlicher wird, dass Reizung des männlichen Gliedes ejaculatio seminis zur Folge haben kann. Das männliche Glied erhält seine sensiblen Nerven aus dem plexus pudendus, welcher demselben Rückenmarkstheile angehört, aus dem der für die ductus deferentes bestimmte n. sympathicus entspringt.

12. Wenn der Samen bis zur pars prostatica urethrae gelangt ist und sich über die Schleimhaut ausdehnt, so ziehen sich die in dem nahe liegenden Theil der Harnröhre (der pars membranacea urethrae) in nicht geringer Menge befindlichen Muskeln mit grosser Rapidität zusammen, und spritzen den Samen aus der Harnröhre aus. Diese Muskeln sind einmal die ziemlich dicke Lage circulärer Fasern, ferner der sogenannte m. transversus urethrae, welcher über der obern und seitlichen Fläche des stratum circulare bis zur Prostata hin sich ausdehnt, endlich aber auch die m. bulbo-cavernosi, welche die untere und seitliche Fläche des bulbus urethrae und den hinteren Theil des corpus cavernosum derselben umgeben und den Harn wie den Samen mit Vehemenz auszuspritzen vermögen, wenn sie sich contrahiren.

Nach Kobelt[1]) schwillt zur Zeit der Erection das caput gallinaginis, welches ebenfalls cavernöses Gewebe enthält, an und dadurch wird verhindert, dass der Samen in die Blase zurückfliesse und dass bei der Erection mit dem Samen Harn ausgeleert werde.

13. Der Samen kann bis auf einige Zoll und weiter ausgespritzt werden.

b) Flüssigkeit der benachbarten Drüsen.

14. Mit dem Samen werden häufig, vielleicht immer, die Secrete der Prostata und der Cowperschen Drüsen, sowie Harnröhrenschleim entleert. Da der Samen in den Nebenhoden und dem vas deferens geruchlos ist, so rührt die sogenannte aura seminalis des entleerten Samens wahrscheinlich von der Beimengung dieser Flüssigkeiten her. — Man kennt den Einfluss der genannten zwei ersten Flüssigkeiten nicht.

c) Erection.

15. Die Einführung des männlichen Samens in die weiblichen Geschlechtstheile wird möglich durch die Erection[2]) des Gliedes. Die Erection, bei welcher das Glied hart und doppelt so lang (8″) als im erschlafften Zustande wird, beruht darauf, dass eine grosse Menge von Blut in den venösen Räumen (sinus) der cavernösen Körper aufgehalten wird. Ich habe oft beobachtet, dass man künstlich eine vollständige Erection an der Leiche hervorbringen kann, ohne dass vorher die Venen unterbunden worden sind, wenn man an einer beliebigen Stelle auf dem Rücken des Penis einen kleinen Einschnitt bis zu

---

1) Kobelt, Das Wollustorgan. Freiburg, 1844.
2) Vgl. Krause in Müller's Arch. 1837. — Kölliker, Würzb. Verh. II.

Digitized by Google

den corpora cavernosa macht und in denselben eine Kanüle einbringt und dann eine Injectionsmasse einspritzt. Ich sah dabei auch mit dem Anschwellen des Gliedes zuweilen die Venen und namentlich die vena dorsalis prall werden. — Hieraus geht hervor, dass die nächste Ursache der Erection in der Füllung der Venen mit Blut zu suchen ist. — Schwer ist indessen zu ermitteln, woher diese Ueberfüllung entsteht.

16. Die anatomische Einrichtung des penis ist auf die Möglichkeit einer beträchtlichen Blutaufnahme berechnet. Die feste, derbe, aber sehr elastische Faserhaut, tunica albuginea, welche den eigenthümlichen schwammigen Inhalt der drei cavernösen Körper umgiebt, lässt sich (hauptsächlich der Länge nach) ausdehnen und schnellt rasch zu seiner früheren Länge zurück. An der inwendigen Fläche derselben sind die nach allen Richtungen verlaufenden weichen Balken, trabeculae, angewachsen, ähnlich wie dies an der Milz der Fall ist. Durch diese Anordnung entsteht eine zahllose Menge von kleinen Räumen im penis, innerhalb welcher die vielen Gefäse liegen. Die Balken selbst bestehen aus elastischem Bindegewebe und einer grossen Menge von cylindrischen Muskelfasern (Valentin). Letztere lassen sich nach Kölliker [1]) an ihren charakteristischen Kernen deutlich durch Essigsäure erkennen, und durch Behandlung mit Salpetersäure von 20% isoliren und sind 0,02 bis 0,03‴ lang, 0,002 — 00,25‴ breit. Grösstentheils wird das Maschenwerk zwischen den Balken von den Venen, venae cavernosae, ausgefüllt. Diese zeichnen sich durch ihre grosse Dünnwändigkeit aus, und verschmelzen mit dem Balkengewebe, so dass man sagen kann, dass die Hohlräume der cavernösen Körper grösstentheils mit Venenblut gefüllt sind, oder man kann gewissermassen das ganze Balkengewebe als verdickte Wandungen der Venen ansehen. Es ist daher ganz einleuchtend, dass man von jeder Stelle der cavernösen Körper des penis aus das ganze System von Hohlräumen und die mehr geschiedenen Venen selbst (dorsalis, profundae, bulbosae) anfüllen kann. Die Venen scheinen an vielen Stellen der corpora cavernosa unmittelbar aus Arterien hervorzugehen, ohne dass Capillargefässe dazwischen sind, so dass ein direkter Uebergang relativ grösserer Arterien in Venen stattfindet, wie sich aus Injectionen ergiebt. — Wenn durch irgend eine Ursache der Blutabfluss gehindert ist, so wird in einer erstaunlich kurzen Zeit das Glied sich ebenso füllen können, wie durch Injection nach dem Tode. Denn wenn dieselbe Menge von Blut, welche in die Arterien des penis einfliesst, in einer gleich grossen Zeit nicht wieder ausfliessen kann, so muss dasselbe eine Stauung erfahren. Da die Venen, in welchen das Blut der cavernösen Körper wieder ausfliesst, wegen

1) Kölliker, Gewebel. 3. Aufl. p. 528.

Digitized by Google

ihres grössern Durchmessers eine beträchtlich grössere Menge von Blut fassen können, als die entsprechenden Arterien (a. profundae), so kann, trotz der geringern Geschwindigkeit des Blutstroms in den Räumen der trabeculae und in den weiten Venen doch ebenso viel Blut ausfliessen, als eindringt. — Wenn es Ursachen geben kann, durch welche die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut durch die art. profundae fliesst, vermehrt, oder die Geschwindigkeit, mit welcher das Blut aus der vena dorsalis, den profundae und bulbosae ausfliesst, noch mehr vermindert würde, als im gewöhnlichen Zustande, so käme eine Erection zu Stande. Es liesse sich denken, dass die Nervenzweige, welche die a. profundae begleiten und aus dem plexus cavernosus penis hervorgehen, während der Erection erregt würden, dadurch die Arterien sich verengerten und daher das Blut in denselben mit grösserer Geschwindigkeit strömte als vorher, ohne dass gleichzeitig die Geschwindigkeit im Venenblutlaufe grösser würde. Oder es liesse sich denken, dass die Venen, welche die pars membranacea urethrae umgeben und den plexus venosus pudendalis bilden, in welchen sich die hier in Betracht kommenden Venen ergiessen, comprimirt würden, wodurch bei gleichbleibendem Durchmesser der Arterien die Entleerung des Blutes sich verzögerte. — Die um die crura penis sich lagernden m. ischiocavernosi, und die den bulbus urethrae umgebenden Fasern der m. bulbocavernosi könnten möglicherweise bei ihrer Contraction die genannten Venen comprimiren. Diese Muskeln bekommen ihre Nerven aus Zweigen des plexus pudendalis, der aus dem dritten und vierten der Sacralnerven stammt. — Die Entleerung des angehäuften Blutes und das Aufhören der Erection scheint vorzugsweise durch Zusammenpressung des schwammigen Gewebes mittelst der in ihm enthaltenen Muskelfasern zu erfolgen. — Durch Reizung der cavernösen Körper ist Zusammenziehung der cavernösen Körper beobachtet worden, bei Pferden (Hunter), [1]) bei einem Hingerichteten (Kölliker und Virchow). [2])

17. Die kleineren Arterien der cavernösen Körper sind vielfach wie Weinreben geschlungen, heissen daher Rankenarterien, arteriae helicinae (J. Müller), [3]) und haben das Eigenthümliche, dass sie sich plötzlich bei ihren Windungen sehr verengern (Barkow), wodurch das Ansehen entsteht, als seien sie blind geendigt, was aber in der That nicht der Fall ist (Tf. I, Fig. 2). Die arteriae helicinae geben nach Kölliker feine Gefässchen von 0,006—0,01‴ ab.

1) Hunter, Bemerkungen über die thier. Oecon. Braunschw. 1802.

2) Kölliker, Gewebelehre, 3. Aufl. p. 534. Vgl. über die cavernösen Körper und die Erection Kölliker in Würzb. Verh. II, 118, welcher die Erection von einer Erschlaffung der Muskeln des cavernösen Körpers herleitet.

3) J. Müller in seinem Archiv 1835.

Digitized by Google

18. Die Erection kann bei Menschen nicht nur durch Vorstellungen, sondern auch durch Reizung der Haut des Penis, durch Krankheiten benachbarter Theile, der Blase, des Mastdarms, selbst während des Schlafes durch die Rückenlage hervorgerufen werden. — Blödsinnige können vollständige Erectionen haben. — Auch bei Kindern kommen sie nicht selten vor. — Bei Gehängten, bei Krankheiten des obersten Theiles des Rückenmarks hat man sie häufig beobachtet.

Ein Hengst, dem Hausmann [1]) die Ruthennerven durchschnitten hatte, zeigte, als er zur Stute geführt wurde, noch dieselbe Begierde zum Bedecken, wie vor der Operation, aber es erfolgte keine Spur von Erection.

2) Von Seiten des Weibes. 19—28. a) Eichen.

19. Das weibliche Eichen, ovulum humanum (entdeckt von C. E. v. Baer), [2]) ist ein $^1/_{10}$, selbst bis $^1/_{20}$‴ grosses, rundes Körperchen. Die Eichen liegen nicht frei im Eierstock, sondern sind vielmehr in durchsichtigen Bläschen von $^1/_4$—3‴ Durchmesser, genannt Graaf'sche Bläschen, folliculi, ovisacs Angl. enthalten. An dem Graaf'schen Bläschen unterscheidet man 1) die Hülle, tunica fibrosa s. theca folliculi; 2) die an deren innern Fläche liegende, körnige, lose zusammenhängende membrana granulosa. An einer Stelle derselben, welche jedesmal gegen die Oberfläche des Eierstocks gekehrt ist, ist eine grössere Anhäufung der körnigen Masse vorhanden und bildet eine Art von Vorsprung, cumulus proligerus, in welchem das Eichen anzutreffen ist; 3) die in dem Follikel enthaltene Flüssigkeit, liquor folliculi. — Da man nicht häufig Gelegenheit hat, menschliche Eierstöcke recht frisch, bei jüngeren Individuen, deren Ovarien vollständig normal sind, zu untersuchen, so bedient man sich der Säugethiereier, welche wesentlich in keinem Punkte von den menschlichen abweichen. Man präparirt sorgfältig ein Graaf'sches Bläschen heraus, an dem man häufig die Stelle mit einer Lupe erkennt, an welcher das Eichen liegt. Man bringt das Bläschen auf ein Objectglas und schneidet es, ohne es zu spannen, ein. Es fliesst der helle, graue Flöckchen enthaltende liquor aus. Sodann drückt man den Follikel vollständig aus und sucht bei sehr schwacher Vergrösserung ohne Deckglas das Eichen, welches sich leicht finden lässt. Um dasselbe liegen noch die dichtern Körner aus dem cumulus proligerus, die man auch discus proligerus nennt. Selten kommt es vor, dass in einem Graaf'schen Bläschen kein Eichen sich vorfindet, was ich jedoch zuweilen bei grössern Kuheiern gesehen habe. Es ist stets besser, kleinere als grössere Graaf'sche Bläschen zur Untersuchung zu wählen. Am Eichen erkennt man auf den ersten Blick eine helle, durchsichtige, beträchtlich dicke (bis $^1/_{200}$″) Hülle, zona pellucida s. chorion (Taf. I, Fig. 3*a*) und einen dunklen,

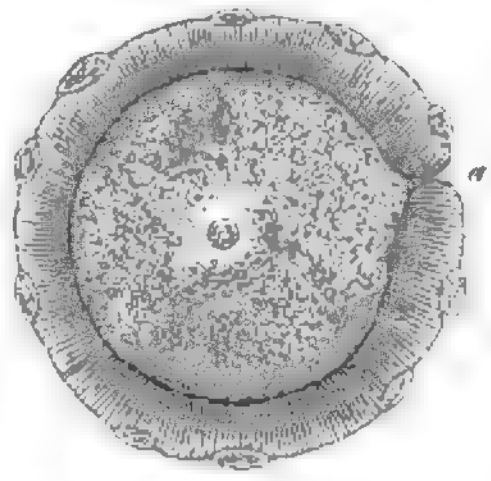
1) Hausmann, Ueber d. Zeugung u. Entst. d. weibl. Eies. Hannover 1840, p. 17.
2) v. Baer, de ovi mammal. et hom. genesi epist. c. tab. Lips. 1827.

Digitized by Google

körnigen Inhalt, Dotter, vitellus genannt (Taf I, Fig. 3*b*). Dieser Dotter enthält aber noch ein Bläschen, Keimbläschen, vesicula germinativa, $^1/_{50}$‴ (*c*) (nach dem ersten Entdecker [1]) auch vesicula Purkinjei genannt, bei Säugethieren zuerst von Coste [2]), Valentin und Wharton Jones [3]) beobachtet) und in diesem einen Fleck, Keimfleck, macula germinativa $^1/_{330}$‴, (*d*) von R. Wagner [4]) entdeckt. Durch den dunklen Dotter werden das Keimbläschen und der Keimfleck oft verdeckt, man findet beide leichter bei schwächerer Vergrösserung, als bei stärkerer; auch hängt das Auffinden sehr von der verschiedenen Menge von Dotterkörnchen ab. Um sie besser zu finden, sucht man sich, nachdem man durch das Mikroskop die Stelle kennt, wo das Ei liegt, dasselbe durch eine Lupe auf und sticht mit sehr feinen Nadeln in dasselbe, oder man drückt es vorsichtig, bei fortgesetzter mikroskopischer Beobachtung, durch ein aufgelegtes Deckgläschen zusammen, wobei die zona berstet, und das Keimbläschen als helles Bläschen heraustritt und sehr deutlich zu sehen ist.

Es ist vielfach darüber gestritten worden [5]), ob die zona eine einfache Haut oder ob unter derselben noch eine zweite vorhanden sei. Bei Säugethieren lassen sich bis jetzt zwei solcher Membranen nicht mit Sicherheit darstellen. Hingegen sind bei andern Thieren zwei solcher Eihüllen bestimmt nachgewiesen worden, so beim Ei von Holothurien nach J. Müller und bei Fischen von Reichert; bei Säugethieren wird eine unter der zona befindliche sehr zarte Membran gleichfalls von vielen Forschern angenommen, so von Valentin, Krause, H. Meyer, Reichert u. A. Nach J. Müller ist die äussere Haut des Eies oder die Eikapsel mancher Fische, z. B. des Barsches, mit einer grossen Anzahl gewundener Kanäle (Porenkanäle) versehen; auch an den Eiern von Säugethieren wurden Porenkanälchen gefunden (Remak, Leydig). Endlich wurde bei verschiedenen Thieren eine Oeffnung in der äussern Eihaut, Mikropyle,

Figur 2.



Ei von Holothuria tubulosa.
a Mikropyle. Copie aus Leydig's Histologie, p. 547.

1) Purkinje symbolae ad ovi avium historiam ante incubat. Lips. 1830 und encyclop. Wörterb. d. med. Wiss.: Ei.

2) Coste rech. sur la generation des mammifères. Paris 1834.

3) Wharton Jones in London med. Gaz. 1838, p. 680.

4) R. Wagner in Müll. Arch. 1835, p. 373.

5) H. Meyer in Müller's Archiv 1842, p. 17. J. Müller ib. 1854, p. 60, 186. Leuckart ib. 1855, p. 90. Reichert ib. 1856, p. 83. — Bruch, Zeitschr. f. wiss. Zool. VII, 172.

Digitized by Google

entdeckt, zuerst am Holothurienei von J. Müller (s. Fig. 2 auf p. 19), am Forellenei von Bruch, an sehr vielen Fischeiern von Reichert, bei Anodonta von Keber, bei vielen Insecten von Leuckart, etc. Bei Säugethieren ist das Vorhandensein einer solchen Mikropyle noch nicht sicher. [1])

20. Schon während des Embryolebens entwickeln sich in dem Eierstocke des Embryo die Graaf'schen Bläschen und die ovula. Nach Carus [2]) findet man sie schon bei neugebornen Mädchen.

b) Menstruation. 21—28.

21. Zur Zeit der Pubertät (in unseren Gegenden gewöhnlich um das 14. bis 15. Jahr) [3]) wächst der Eierstock stärker, und periodisch turgescirt ein Graaf'sches Bläschen, wird voller, röther, platzt und es kann sich selbst ein Eichen entleeren.

22. Diese periodische Turgescenz fällt bei den Thieren in die Zeit der Brunst, bei Frauen wiederholt sie sich im Mittel nach je 27⅓ bis 28 Tagen (Boismont, Schweig [4]), Hannover) zur Zeit des sogenannten Monatsflusses (Menstruation, Katamenien, Periode).

23. In der Brunst entleeren die Thiere häufig Blut, bei Affenweibchen scheint es constant, bei Kühen hat man es oft beobachtet; auch da, wo es nicht zur Blutabscheidung kommt, sind die Geschlechtstheile doch ausserordentlich blutreich, roth, angeschwollen, und durch leichte Reizungen entstehen wirkliche Blutungen. Man hat Thiere zur Brunstzeit sorgfältig abgesperrt, ihnen sogar die Tuben unterbunden, so dass eine Befruchtung unmöglich war. In diesen Fällen fanden sich geborstene Graaf'sche Bläschen im Eierstocke und selbst ausgetretene Eichen in den Tuben (Bischoff). Hieraus ist bewiesen, dass auch bei Säugethieren periodisch sich Eier entwickeln und lösen, gewissermassen ein spontanes Eierlegen. — Damit stimmt überein, dass man bei Thieren, welche noch nie belegt worden sind, dennoch die Ueberreste von geplatzten Follikeln (corpora lutea, s. No. 33) gefunden hat. — Da nun auch mit grosser Bestimmtheit von vielen Beobachtern nachgewiesen worden ist, dass ohne vorhergegangene Begattung bei Frauen gleichfalls corpora lutea vorkommen (Vallisneri, Hooper, Power, Lee, Paterson, Jones, Negrier, Raciborsky, Girdwood, Bischoff, Pouchet), so wird man nicht mehr zweifelhaft sein können, dass auch beim Menschen

1) Vgl. Barry philos. Transact. 1840. Müller's Arch. 1850, p. 553. Meissner in Zeitschrift f. wiss. Zool. VI, 208.

2) Carus in Müller's Arch. 1837, p. 442.

3) Vgl. über den Eintritt der Pubertät in verschiedenen Klimaten Robertson, Edinb. Journ. 1832. Oct. 1842. Juli 1845. Jul. Raciborski de la puberté et de l'âge critique etc. Paris 1846.

4) Schweig, Arch. f. phys. Heilk. 1844, III, 481. Brierre de Boismont, Die Menstr. Berlin 1842.

Digitized by Google

ein periodisches (monatliches) Bersten von Graaf'schen Follikeln und Entleerung von Eiern erfolgt; und dass damit die Menstruation zusammenfällt. [1])

24. Obwohl der Eierstock nur 12—20 grössere Graaf'sche Bläschen enthält, so sind sie doch nach Barry [2]) im frühern Entwickelungszustande in ungeheuren Mengen vorhanden. Kölliker giebt 30—100 als die normale Zahl an. Wahrscheinlich entstehen auch während des Lebens durch fortwährende Bildung immer neue Follikel, da in jedem Jahre 13 Eichen, also in 30 Jahren 390 Eichen entleert werden.

25. Der Blutfluss während der Menstruation stammt, wahrscheinlich allein, aus dem uterus, auf dessen innerer Fläche (wenn er umgestülpt war, oder in der Leiche von Frauen, die während der Menstruation starben) man das Blut austreten gesehen hat (Haller, Hunter, Rokitansky). [3]) Bei weiblichen Castraten, welche unter den Hindus vorkommen (Roberts), und bei Mangel (Gregory) oder nach Exstirpation der Ovarien fehlte die Menstruation; bei Mangel des uterus hat man dagegen oft einen vicariirenden Blutaustritt beobachtet. Nach einer Exstirpation der Ovarien bei einer vorher wohl menstruirten Frau wurden nach Pott [4]) die mammae schlaff, die Stimme tief, Barthaare wuchsen. Der Blutfluss, welcher bei der Brunst der Thiere sich mitunter zeigt, scheint blos in den äussern Geschlechtstheilen seinen Sitz zu haben.

26. Die Menstruation dauert bei den verschiedenen Individuen meistens 3—4 Tage, selten nur 1 Tag. Es giebt Fälle, in denen sie bei gesunden Individuen 5, 8, sogar 14 Tage mit einzelnen Unterbrechungen anhält. Die entleerte Masse ist zuerst schleimig, wird dann blutig und zuletzt wieder schleimig. — Das in der Regel sehr dunkele Blut enthält gut erhaltene Blutkörperchen und Epithelialzellen aus den inneren und äusseren Geburtstheilen. Oft ist das Blut wässeriger und gerinnt nicht. Dies Verhalten des Bluts ist indess durchaus nicht constant; vielmehr wird nach meinen Beobachtungen dasselbe bei nicht wenigen Individuen im coagulirten Zustande entleert. In einem Falle, in welchem ein Mädchen während der Menstruation sich entleibt hatte, fand sich die Uterinschleimhaut

1) Vgl. Bischoff, Beweis der von der Begattung unabh. period. Reifung der Eier etc. Giessen 1844. Pouchet theorie pos. de l'ovul. spont. Paris 1847. Medical times 1857, p. 638.

2) Barry in Philos. Transact. 1838. P. II. — Vgl. besonders auch Jahresber. in Müll. Arch. 1839. CLXVIII.

3) Vgl. Litzmann, Schwangerschaft, in Wagner's Wörterbuch III, 1, p. 30.

4) Pott in Medical Times 1857, p. 637. Gregory in Transact of royal soc. 1806.

Digitized by Google

mit einer Kruste geronnenen Bluts überzogen (E. H. Weber). Solche Beobachtungen sind allein in dieser Beziehung massgebend, während bei prolapsus uteri die Schleimhaut des uterus nicht mehr normal ist. Es ist sehr wichtig, ob der auf dem Uterus und der vagina abgesonderte Schleim mehr oder weniger alkalisch ist. Die Alkalien lösen den Faserstoff, von dem die Blutgerinnung herrührt (s. B. II), auf. Obgleich der Schleim im Uterus alkalisch reagiren soll, so kömmt es doch sicher auf den Grad der Alkalescenz an, ob er nämlich so stark ist, dass er den Faserstoff lösen kann oder nicht. Vermuthlich ändert sich auch nicht selten der in der Regel saure Schleim der vagina so um, dass er alkalisch wird.

27. In den vierziger Jahren hört die Menstruation auf. — Während der Schwangerschaft ist sie, mit sehr seltenen Ausnahmen, unterbrochen, und viele Krankheiten (besonders Bleichsucht und Lungenschwindsucht) stören sie.

28. Die Menstruation wird häufig begleitet und angezeigt von Schmerzen im Kreuze, in der Gegend der ovaria und des uterus, Gemüthsverstimmung, Ermattung, üblem Geruch aus dem Munde, Erbrechen, Veränderungen der Koth- und Urinentleerung, sowie der Hautausdünstung, blauen Ringen unter den Augen, vermehrter Wärme etc., vgl. B. II. Nach der Menstruation ist die Lust zur Begattung gesteigert, und es erfolgt dann am Leichtesten Schwängerung.

3) Begattung und Befruchtung. 29—35.

29. Während der Begattung, coitus, wird der Same bis an den Muttermund gespritzt, von diesem aufgenommen und wahrscheinlich durch die peristaltischen Bewegungen des Uterus und der tubae, vielleicht durch die Bewegungen der Samenfäden selbst, in den uterus, in die tubae und sogar bis zu den ovaria geführt. Durch Beobachtungen an Thieren weiss man mit völliger Gewissheit, dass der Samen den uterus (Leuwenhoek), die tubae (Prevost und Dumas) [1]) und die ovaria (Bischoff, Barry) erreichen kann. — Bei Hündinnen, welche man einen Tag nach dem letzten coitus tödtet, fehlt es nicht leicht, dass an dem ovarium und in dem Sacke zwischen tuba und Eierstock eine grosse Menge beweglicher Samenfäden sich findet, wovon ich mich wiederholt überzeugt habe.

30. Die mechanische Berührung des Samens mit dem Eichen ist nothwendig; dies wird durch folgende Beobachtungen bewiesen: a) Werden die tubae bei Thieren unterbunden, so ist eine Begattung niemals fruchtbar (Haigthon). [2]) b) Wird Samen, selbst in sehr verdünntem Zustande (bei einer mehr als 15tausendmaligen Verdünnung konnte Spallanzani dennoch Befruchtung bei Fröschen

1) Prevost und Dumas in Ann. d. Sc. III, 119.
2) Haigthon in Phil. Transact. 1797. Reil's Arch. III, 31.

Digitized by Google

erzielen), bei Fröschen und Fischen auf die Eier gegossen, so werden diese befruchtet. Kann aber nur die aura seminalis (No. 6) an die Eier gelangen, so tritt keine Befruchtung ein (Spallanzani [1]). Duhamel, Rusconi [2]), Leuckart [3]), Newport).[4]) c) Man kennt keine vollständig nachgewiesene Thatsache, dass eine Befruchtung erfolgt wäre, ohne dass Samen in die Geburtstheile gelangen konnte. d) Die No. 29 angeführten Beobachtungen.

30a. Die Samenfäden berühren aber nicht nur das Eichen, sondern sie gehen in dasselbe hinein, indem sie die Dotterhaut durchbohren. Barry [5]) hatte dies schon vor längerer Zeit beobachtet, neuerlich wurde die Thatsache bei verschiedenen wirbellosen und Wirbelthieren unzweifelhaft festgestellt (Keber [6]), Nelson [7]), Newport [8]), Meissner [9]), Bischoff [10]). Bei Froscheiern, welche künstlich befruchtet werden, bohren sich die Samenfäden zuerst in die Eiweissschicht, welches jedes Ei umgiebt, mit grosser Geschwindigkeit, den Kopf voran, und dringen bis gegen die Dotterhaut vor, zwischen welcher und dem Dotter sie gefunden wurden. Andere, welche nicht in dieser Richtung gegen die Dotterhaut sich wenden, bleiben rings um dieselbe liegen (Newport, Bischoff). Bei Kanincheneiern wurde die analoge richtige Beobachtung zuerst von Barry gemacht, von Meissner und Bischoff bestätigt. — Auch bei niedern Pflanzen kommt ein analoger Prozess vor. Bei Oedogonium, an dem er von Pringsheim entdeckt wurde, habe ich diesen höchst merkwürdigen Vorgang selbst beobachtet. — Man kann mithin als ausgemacht betrachten, dass zur Fortbildung des Eies eine materielle Vermischung männlichen und weiblichen Zeugungsstoffs nöthig ist.

31. Durch die Berührung des Samens und Eichens entsteht die Befruchtung, foecundatio. Sie erfolgt mit grosser Schnelligkeit. Newport brachte Froschsamen auf Froscheier, tödtete bald nachher

---

1) Spallanzani exper. pour servir à l'hist. de la génerat. Geneve 1786. Deutsch. Leipzig 1786.

2) Rusconi in Müller's Archiv 1836, p. 278.

3) Leuckart in Wagner's Handwörterbuch: Zeugung.

4) Newport in Philos. Transact. 1851.

5) Barry in Philos. Transact. 1840 und 1843.

6) Keber, Eintritt der Samenzellen in das Ei. Königsb. 1853.

7) Nelson in Philos. Transact. 1852, p. 563.

8) Newport in Philos. Transact. 1851. 1853.

9) Meissner in Zeitschr. f. wiss. Zool. VI, 249 und Verh. d. naturf. Ges. zu Basel 1851., B. III.

10) Bischoff, Bestätigung des Eindringens der Sparmatozoen in das Ei. Giessen 1854.

Digitized by Google

die Spermatozoen durch Salpeterlösung und beobachtete dennoch, dass sich die Eier entwickelten, also Befruchtung geschehen sein musste. Ebenso Leuckart. Derjenige Zustand der Frau, in welchem diese einen Embryo in ihrem Körper trägt, heisst Schwangerschaft, graviditas. — In den meisten Fällen erfolgt die Befruchtung nach der Menstruation, d. h. zu einer Zeit, in welcher der periodische Austritt eines Eichens vorbereitet war oder wirklich stattgefunden hat; ob aber zu keiner andern Zeit eine Befruchtung zu Stande kommen kann, ist mindestens zweifelhaft, da manche Beobachtungen (Hirsch) für die Möglichkeit zu sprechen scheinen, und von theoretischer Seite die Vermuthung zulässig ist, dass auch durch den Begattungsact ein solches Bersten veranlasst werden kann. Der normale Aufenthaltsort des Embryo bis zu seiner Entwickelung ist der uterus; abnorm ist es, wenn er im Eierstocke (?), in der Bauchhöhle, oder in den tubae weiter wächst (graviditas extrauterina).

32. Wenn ein Graaf'sches Bläschen geplatzt und ein Eichen ausgetreten ist, so wird letzteres von einer tuba aufgenommen. In glücklichen Injectionen an Leichen sah man die fimbriae sich aufrichten und an den Eierstock anlegen (Haller, Walther); hiernach beruhte die Annäherung der tuba auf einer Art von Erection. Nach fruchtbaren Begattungen hat man die tuba am Eierstocke anliegend gefunden (Gendrin).

33. In dem geborstenen Graaf'schen Bläschen bleibt die membrana granulosa (No. 19) nebst ergossenem Blute zurück. Es entsteht Ausschwitzung, neue Fasern bilden sich und verwandeln sich theilweise in Fett, welches gelb getärbt ist. So entwickelt sich ein fester, gelber Körper, corpus luteum, aus dem Graaf'schen Bläschen, welcher nach und nach wieder atrophisch wird. In der Mitte eines vollkommen entwickelten gelben Körpers findet sich eine kleine Höhle, in der geronnenes Blut oder später eine gallertartige Flüssigkeit enthalten ist. Der Blutpfropf entsteht dadurch, dass bei der Berstung des Follikels durch Zerreissung der Gefässe ein Bluterguss erfolgt. Nach und nach wird das Blut resorbirt und es bleibt diese schleimige Flüssigkeit zurück. Um diesen innern Kern liegt eine ziemlich harte, gelbe Masse, welche endlich von der sehr verdünnten Faserhaut des Follikels begränzt wird. Die gelbe Masse besteht zum grossen Theile aus Zellen, auch aus Bindegewebe und Gefässen, welche aus einer Wucherung der innern Fläche der Faserhaut nebst der membrana granulosa hervorgehen. Die Zellen enthalten Kerne und Kernkörperchen und eine grosse Menge von gelb gefärbtem Fette; sie erreichen theilweise eine bedeutende Grösse. — Man sieht an den frischeren gelben Körpern noch ganz deutlich die Narbe an der Stelle, an welcher das Eichen ausgetreten

Digitized by Google

ist. — Nach und nach wird das corpus luteum kleiner und zuletzt bleibt nur ein kleines, gelbes oder bräunliches Pünktchen übrig, das man noch lange nach der Geburt, selbst nach Jahren bemerkt. Die Blutreste erscheinen in Form von Pigment und von rothen Krystallen, Hämatoidin genannt. — Man theilt die gelben Körper in wahre, d. h. solche, welche durch die Befruchtung entstehen, und in falsche, welche nach jeder Menstruation sich bilden. Dalton [1]) giebt folgende Kennzeichen des wahren c. luteum an: 1) Es erreicht langsamer seine Ausbildung und bleibt nachher lange als bemerkare Geschwulst, anstatt das andere schnell atrophisch wird. 2) Es behält eine kugelige oder nur wenig abgeplattete Form und zeigt bei der Berührung einen beträchtlichen Widerstand und viel Festigkeit. 3) Im Innern erscheint es mehr organisirt, als das corpus luteum der Menstruation. 4) Die umgebende Wand ist $^3/_{16}$ bis $^1/_4$″ dick, während das c. luteum der Menstruation nur $^1/_8$″ und weniger dick ist. 5) Die Farbe ist niemals so entschieden gelb, sondern mehr dunkel. 6) Wenn die Schwangerschaft schon vorgerückt ist, so findet man nicht zugleich noch andere in der Entwickelung begriffene Bläschen, welche noch nicht aufgebrochen sind.

Fortleitung des Eies.

34. Die Fortleitung des Eies durch die tuba erfolgt: a) durch die peristaltische Bewegung derselben. Ich habe sehr häufig an den Tuben von trächtigen und nicht trächtigen Thieren die peristaltische Bewegung beobachtet; sie ist ähnlich dem des Darmes und kann sowohl vom uterus nach den Tuben, als von den Tuben nach dem uterus hin erfolgen, je nachdem der Reiz in der einen oder andern Richtung beginnt. Das aus dem ovarium anlangende Eichen wird die Bewegung gegen den uterus hin veranlassen. b) Durch die Flimmerbewegung des Epitheliums derselben; auch wurde c) von Bischoff bei Kaninchen eine rotirende Flimmerbewegung des Eies selbst beobachtet.

35. Man vermuthet, dass 2—3 Wochen nach der Begattung das menschliche Ei im uterus angelangt ist. Bei Hunden dauert es 8—14 Tage.

Erscheinungen im mütterlichen Körper. 36—46.

36. Die Schwangerschaft dauert gegen 40 Wochen. Während derselben sind folgende Phänomene die bemerkenswerthesten:

a) In der Regel cessirt die Menstruation.

b) Durch das Athmen wird eine grössere Menge von Kohlensäure aus den Lungen entleert, als von nicht Schwangern in demselben Alter (Andral und Gavarret).

c) Nicht selten sind in der ersten Hälfte der Schwangerschaft Uebelkeit und Erbrechen.

---

1) Ino Dalton on the corpus luteum. Philadelphia 1851.

Digitized by Google

d) Häufig bilden sich auf der Innenfläche der Schädelknochen Knochengeschwülste, Osteophyten (Rokitansky [1]), Ducrest).

e) Wenn der Urin einer Schwangern 24 Stunden stehen bleibt, so soll sich eine Wolke und dann ein Häutchen bilden, welches Fett (?), Tripelphosphate und eine caseinartige, körnige Masse, Kyestein (Nauche)[2]) oder Gravidin (Stark) enthalten soll. Ein solches Häutchen ist indess nicht constant und besteht in der That nur aus Substanzen, welche die Zersetzung des Urins begleiten, Tripelphosphate, Pilze, Conferven, Vibrionen.

f) Im uterus bilden sich neue Muskelfasern und die vorhandenen werden stärker; die Nervenfasern, namentlich die grauen, scheinen sich zu vermehren (Tiedemann, Remak); der uterus vergrössert sich (nach Meckel um das 24fache) so, dass er im vierten Mondsmonate über den Schambeinen, im sechsten am Nabel, im neunten in der Herzgrube steht. Im zehnten Monate sinkt er wieder weiter herab. Im stark ausgedehnten uterus hört man synchronisch mit dem Pulse ein zischendes Geräusch, das sog. Placentargeräusch, das wahrscheinlich von den ausgedehnten Venen herrührt, die mit den Arterien communiciren.

f) Auf der Schleimhaut des uterus entwickeln sich die Schleimdrüsen, glandulae utricales, sehr reichlich.

g) Das Blut bei Schwangern zeichnet sich durch Neigung zur Bildung einer Speckhaut und durch die milchige Trübung des Serums aus. Die Dichtigkeit des Blutserums und das spec. Gewicht nehmen ab, Serumdichtigkeit im nicht schwangeren Zustande, nach Becquerel und Rodier 1027,4; nach Nasse 1026,5; — im schwangeren Zustande nach B. und R. 1025,5 und 1023,6, nach N. 1025,5. Specifisches Gewicht im nicht schwangern Zustande 1050, im schwangern Zustande 1045 (Nasse). In den letzten Schwangerschaftsmonaten beträgt die Faserstoffmenge im Blute nach Andral und Gavarret 4—4,3, im normalen Zustande ist sie an 3. — Die rothen Blutkügelchen nehmen gleichfalls ab (Becquerel und Rodier, Nasse), während die farblosen sich vermehren (Nasse). [3])

Decidua Hunteri.

37. Am Merkwürdigsten sind die Veränderungen, welche in der Höhle des Uterus selbst beobachtet werden. Ich werde zuerst die

---

1) Rokitansky, Oesterr. med. Jahrb. XV, 4.

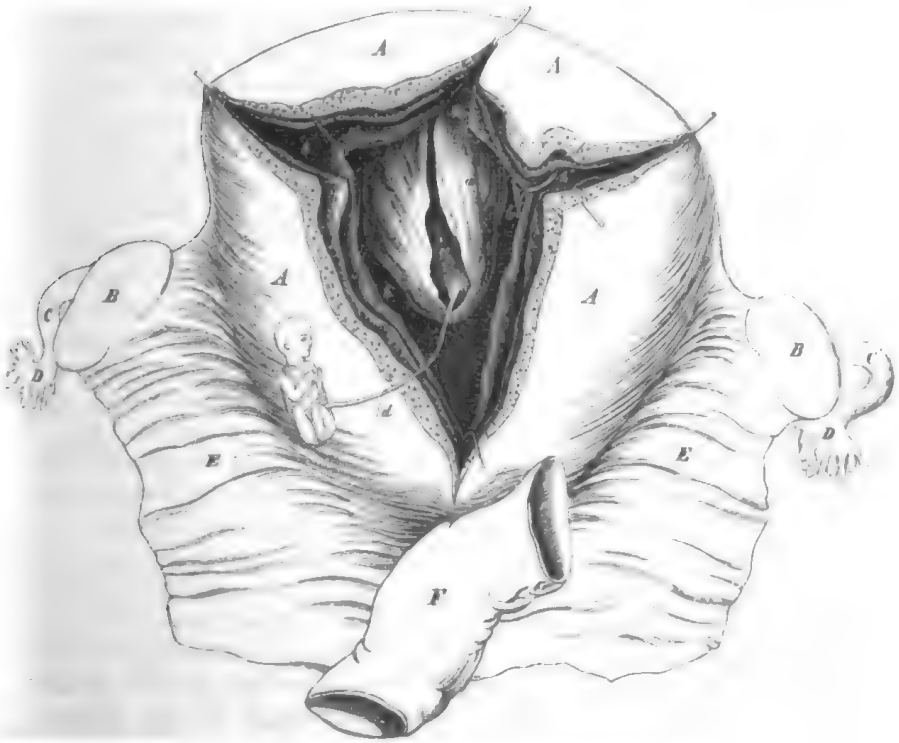
2) Vgl. über diesen Gegenstand Nauche, Journ. d. chim. med. 2. Ser. V, 64. Golding Bird Guys hosp. reports 1840. Stark, Edinb. med. and surg. Journ. 1842. Höfle, Chem. u. Mikrosk. 1850, p. 148. Veit, Neue Zeitschr. f. Geburtsk. 1851, XXX, 257. Lehmann's physiologische Chemie II, 421.

3) Nasse in Wagner's Handwörterbuch I. Becquerel und Rodier, Zusammens. d. Bluts, übers. v. Eisenmann. Erl. 1845, p. 31.

Digitized by Google

objectiv wahrnehmbaren Erscheinungen darstellen, wie man sie an Leichen von Schwangern beobachtet, welche im dritten Monate der Schwangerschaft gestorben sind, nach eigenen Untersuchungen. Länge des Uterus 13^{cm}, Breite 10^{cm}, Dicke der Muskelhaut 12^{mm}, der Schleimhaut 4—5^{mm}. Die Höhle des Uterus ist gewissermassen durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen geschieden. Nachdem die Muskel-

Figur 3.



Schwangerer Uterus vom Ende des dritten Monats. (Halbe Grösse.)

A Hintere Uterinwand. *B* Ovarien. *C* Tuben. *D* Fimbrien. *E* Breites Mutterband, Lig. uteri lat. *F* Mastdarm, Rectum.
a Amnion. *b* Chorion. *b'* Decidua reflexa. *b''* Schleimhaut des Uterus v. decidua vera. *c* Schnittflächen der hinteren Uterinalwand. *d* Nabelstrang. *e* Stelle, an welcher der Nabelstrang durch das Chorion zu dem Theile der Gebärmutter dringt, an welcher sich die Placenta bildet, die sogenannte m. decidua serotina.

haut und die vordere Wand der Schleimhaut (beistehende Fig. 3 *b'' b''*) durchschnitten worden sind, gelangt man in eine Höhle, in welcher jedoch der Embryo nicht liegt. Man kann sich dieselbe vorstellen, wenn man in der Fig. 3 die Schnittflächen von *b' b'* vereinigt denkt, wodurch man in die vordere Höhle hineinsehen würde. Man muss vielmehr erst die hintere Wand

(gebildet von *b' b'*) dieser vordern Höhle durchschneiden, dann gelangt man in denjenigen Raum, in welchem der Embryo an seiner Nabelschnur hängend liegt. Wir haben mithin drei Wände und sechs Flächen zu betrachten. Die vordere Höhle wird von der hintern Fläche der vordern und der Vorderfläche der Mittelwand begränzt; die hintere von der Hinterfläche der mittlern und der Vorderfläche der hintern Wand. Betrachtet man nun zuerst die vorderste Wand, so ist es unzweifelhaft, dass sie die Schleimhaut des uterus ist. Man bemerkt namentlich an ihr die vielen Mündungen der Utrikulardrüsen, wodurch sie ein siebartiges Ansehen bekommt. Ihre Vorderfläche, welche im nicht schwangern Zustande innig und enge mit der Muskelhaut verschmolzen ist, hängt hingegen jetzt nur locker an derselben, durch Bindegewebsfäden mit ihr vereinigt. Man kann sie leicht von der Muskelhaut trennen. — Sie ist beträchtlich dicker als im ungeschwängerten Zustande, wo sie 0,2—0,4^{mm} im Durchmesser hat. — Diese Dickenzunahme beruht vor allem in der viel grössern Menge von Blutgefässen, sowie des Bindegewebes und der beträchtlichen Erweiterung und Verlängerung der Uterindrüsen (im ungeschwängerten Uterus 0,02—0,03$''$ breit, im geschwängerten im Mittel 0,08$'''$ nach Kölliker). — Was die mittlere Wand anlangt, und zunächst deren vordere Fläche, so muss man den peripherischen und den centralen Theil von einander unterscheiden. Jener hat ebenso wie die Hinterfläche der Vorderwand das siebförmige Ansehen, hervorgebracht durch die zahlreichen weiten Mündungen der Utrikulardrüsen, ist so dick, wie jene und hat mit einem Worte alle die Eigenschaften der Uterinschleimhaut. Der centrale Theil hingegen ist dünner, hat keine Drüsenöffnungen und nicht mehr das schwammige, rothe Ansehen, wie die Schleimhaut. Obwohl dieser centrale Theil ununterbrochen mit dem peripherischen zusammenhängt, so ist er offenbar von anderer Natur, als die Schleimhaut selbst, wie der Mangel an Drüsen vor allem überzeugend lehrt. — Die hintere Fläche der Mittelwand gehört der zweiten, den Embryo einschliessenden Höhle an, welche man in Fig. 3 geöffnet vor sich sieht. — Diese Höhle ist an ihrer ganzen Innenfläche von der Eihaut des Embryo, dem chorion (Fig. 3 *b*), austapeziert. Die ganze Höhle ist nämlich von dem Ei, das der Embryo einschliesst, erfüllt. Zunächst um den Embryo liegt das Amnion (Fig. 3 *a*), durch den liquor amnii von ihm geschieden. Dasselbe ist noch nicht, wie später, mit dem Chorion enge verwachsen, sondern durch eine weiche Masse getrennt. Das Chorion ist mit den Höhlenwänden umgeben. — Man kann dasselbe von diesen an den meisten Stellen gut abpräpariren, nur an einer Stelle nicht, an welcher es in die Höhlenwandung hinein sich verbreitet. Diese Stelle ist da, wo sich die placenta (No. 46) ausbildet (Fig. 3 *c*).

Digitized by Google

Sie liegt an der hintern Wand der hintern Höhle. Diese hintere Wand ist wiederum Schleimhaut, welche nur durch ihre Verbindung mit dem chorion, sowie durch ihren grossen Gefässreichthum und andere, unten weiter zu erwähnende Umstände modificirt ist. Man nennt diese hintere Wand der hintern Höhle placenta uterina. Die vordere Wand der hintern Höhle (oder die Mittelwand der gesammten Höhle) ist von ihrer vordern Fläche schon bei der vordern Höhle beschrieben, von der hintern Fläche ist nichts hinzuzufügen, als dass sie, wie bereits bemerkt, von dem chorion bedeckt ist und dass sie nur dem centralen Theile der vordern Fläche der Mittelwand entspricht, nicht dem peripherischen. Diesem centralen Theil der Mittelwand hat man früher, auf Anschauungen gestützt, welche sich später als unrichtig erwiesen haben, den Namen membrana decidua reflexa, und der hintern Wand der hintern Höhle den Namen: m. decidua serotina gegeben. — Man pflegt auch wohl noch heut zu Tage diese Namen zu gebrauchen.

38. Hiernach hängt das Ei zum Theil mit dem centralen Theile der Mittelwand (m. reflexa), zum Theil mit der Hinterwand (m. serotina s. placenta uterina) zusammen. Wir wollen in Gedanken an der Gränze des centralen und peripherischen Theiles der hintern Fläche der vordern Höhlung eine künstliche Trennung bewirken. Hierdurch würde man das Ei, angeheftet an den Centraltheil der Mittelwand (m. reflexa), von dem peripherischen Theile loslösen bis zu der Stelle, an welcher es an der placenta uterina anliegt. Von hier aus würde dasselbe wie ein Beutel herabhängen. Der peripherische Theil gränzt nun an die Hinterwand, d. h. an die m. serotina oder placenta uterina. Wir können uns also im schwangern Zustande die Uterushöhle als einen grössern Beutel vorstellen, in welche ein kleinerer eingewachsen ist. Da wo beide Beutel hinten zusammenstossen, ist die placenta uterina aus einem Theile der Schleimhaut gebildet. Der übrige Theil des grossen Beutels gehört dem Reste der Schleimhaut an. Dieser wird m. decidua Hunteri genannt. — Der kleine Beutel ist zum Theil die placenta uterina oder m. decidua serotina, zum Theil eine neugebildete Haut, die sogenannte reflexa.

Decidua reflexa und serotina.

39. Es ist bis heute noch nicht völlig aufgeklärt, in welcher Weise die Veränderung an der Uterusschleimhaut während der Schwangerschaft vor sich geht; es sind darüber verschiedene Ansichten aufgestellt worden. Durch J. Hunter [1]) wurde die Beobachtung über die decidua zuerst gemacht, welche von ihm diesen Namen erhielt, weil sie während der Schwangerschaft verschwindet. Man hielt sie für eine, aus gerinnbarer Lymphe gebildete Membran, welche in

1) J. Hunter anat. uteri grav. Lond. 1774. fol. Deutsche Ausg. Weimar 1802. 8.

Digitized by Google

Folge der Befruchtung und der daraus resultirenden Turgescenz auf der innern Oberfläche der Schleimhaut ausschwitze. Bojanus [1]) stellte die Theorie auf, dass das Ei, welches durch eine Tubenmündung an den Uterus gelange, hier die decidua vorfinde, diese weiche zurück, es bilde sich dadurch die decidua reflexa, s. Taf. I, Fig. 5 *b*. In diese zurückgeschlagene Haut bette sich der Embryo ein und später entstehe an der noch unbedeckten Stelle c eine neue Membran, die serotina, woraus die placenta uterina hervorgehe. Diese Annahme, welche sich bis in die neuere Zeit Geltung verschafft hatte, hing mit den Voraussetzungen zusammen, dass die ostia tubaria der Uterusschleimhaut von der decidua verschlossen seien und dass diese Haut eine exsudirte Masse sei.

Durch die Untersuchungen von Sabatier, Seiler, Meyer und Arnold [2]) kam eine andere Anschauungsweise auf, welche durch E. H. Weber [3]) und Sharpey ihre volle Begründung erhielt. Nachdem durch erstere Forscher bereits ausgesprochen war, dass die decidua nicht eine exsudirte Masse, sondern die Uterusschleimhaut selbst sei, wurde durch E. H. Weber dargethan, dass die Drüsen des Uterus (s. Taf. I, Fig. 4) in der decidua nachweisbar seien, sich hier mächtig vergrössern und dass daneben neues Bindegewebe, neue Zellen und reichliche Gefässausbreitungen sich bilden. — Wenn man Gelegenheit gehabt hat, die decidua im schwangern uterus selbst zu untersuchen, so kann man nicht mehr im Zweifel sein, dass die decidua nichts Anderes, als die Uterusschleimhaut selbst ist. Dadurch fällt die Bojanus'sche Theorie von selbst, welche darauf fusst, dass die angenommene neuentstandene Membran die Tubenöffnungen verschliesse. Uebrigens wurden auch die freien Oeffnungen schon direct beobachtet.

Es ist höchst merkwürdig und im menschlichen Körper ohne Analogie, dass sich diese Schleimhaut ganz vom übrigen Uterus ablöst und erst nach der Geburt eine neue Schleimhaut sich bildet. — Nach H. Meckel [4]) soll sich beim Eierlegen der Vögel gleichfalls ein Stück Schleimhaut der Eileiter ablösen und die Schalenhaut bilden. Er erkannte in ihr faseriges Gewebe, Mündungen der Uterindrüsen, Spuren grösserer Blutgefässe.

Die sogenannte decidua serotina oder placenta uterina ist nur ein Theil der decidua, d. h. der Schleimhaut. Hingegen ist die Ent-

1) Bojanus in Oken's Isis 1821, p. 268.

2) Arnold, Anat. II, 1189.

3) E. H. Weber, Zusätze zur Lehre v. Bau u. d. Verr. d. Geschlechtsorg. Leipzig 1846 und in den Schr. der K. Sächs. Ges. d. Wiss. I.

4) H. Meckel in Zeitschr. f. wiss. Zool. III, 420.

Digitized by Google

stehung der sogenannten decidua reflexa noch nicht aufgeklärt. — Wesentlich für die Deutung ist die Frage, ob die reflexa ursprünglich ebenfalls Drüsen und Blutgefässe haben, welche später atrophisch werden und schwinden, wie E. H. Weber und Deschamps annehmen; oder ob Drüsenöffnungen nur an der Uebergangsstelle der decidua und decidua reflexa vorhanden seien, wie Sharpey und Arnold (der sich übrigens noch nicht überzeugt hält, dass die Oeffnungen Drüsenmündungen seien) finden. Nach meinen Untersuchungen sowohl am schwangern uterus vom dritten Monate, als aus einer grossen Anzahl abortirter Eier muss ich den Angaben der letzten Forscher beitreten. Ich finde nur an dem Theile der reflexa, welcher oben als peripherischer Theil der vordern Mittelwand bezeichnet war, Oeffnungen, nicht aber am centralen Theile.

Dass die reflexa ununterbrochen mit der vera zusammenhängt, ist thatsächlich. Ob sie aber nur eine mehr atrophirte Schleimhaut sei, ob sich, wie E. H. Weber annimmt, eine Schicht der vera ablöse und diese gewissermassen mit der Oberhautblase vergleichbare Membran die reflexa bilde, ist noch unentschieden.

Ich halte folgenden Vorgang für wahrscheinlich. Wenn das Eichen in die Uterushöhle gelangt ist, so senkt es sich in die Stelle der Schleimhaut ein, welche man früher als serotina (Taf. I, Fig. 5 *c*) bezeichnete und zuletzt entstanden glaubte. An dieser Einsenkungsstelle findet dann später die innige Vereinigung des Eies und der Schleimhaut zur placenta statt. Aus der neben der Einsenkung liegenden Stelle der decidua vera oder Schleimhaut wächst nun die reflexa, welche den ganzen frei gebliebenen Theil des Eies, d. h. denjenigen, welcher nicht eingesenkt ist, überzieht. Ob man an dieser Stelle durch eine Neubildung oder eine Art von Dehiscenz sich die reflexa entstanden zu denken hat, wage ich nicht zu bestimmen. In der frühern Ausgabe (p. 22) habe ich mich für eine Dehiscenz ausgesprochen. — Hingegen kann ich nach den Präparaten, welche ich untersucht habe, die reflexa nicht für eine atrophirte Schleimhaut ansehen; da ich auch in Eiern vom dritten Monate niemals Drüsenrudimente erkennen konnte.

40. Der Gebärmutterhals ist während der Schwangerschaft durch einen Schleimpropf mehr oder weniger verstopft (Taf. I, Fig. 5 *d*). Daher ist eine Befruchtung (superfoetatio) während der Schwangerschaft schon aus diesem Grunde nicht annehmbar.

Erste Veränderungen des Eies.

41. Während das Ei vor der Befruchtung im Eierstocke ein Keimbläschen und einen Keimfleck enthält, sind beide bei den meisten Thieren nach der Befruchtung nicht mehr erkenntlich. Nach manchen Beobachtern (Barry, Engel) verschwindet jedoch das Keimbläschen nicht, sondern ist nur schwer zu sehen.

Digitized by Google

Eiweiss-schicht. 42. In der tuba legt sich um das Ei einiger Säugethiere (Kaninchen), gerade wie bei Vögeln, eine Eiweisssehicht, bei andern (Hunden) nicht (Bischoff). Von menschlichen Eiern dieses Stadiums hat man noch keine Erfahrung.

Furchung des Dotters. 43. Die Dotterkörnchen, welche den Inhalt des Eies ausmachen, verwandeln sich in der tuba in Kugeln, zuerst in zwei, dann in vier, dann in acht etc. — Man nennt dies Furchung des Dotters (Taf. I, Fig. 6). — Diesen Vorgang kann man am Leichtesten bei wirbellosen Thieren beobachten. Er reiht sich an die Theilung der Zellen an.

Keimblase. 44. Aus den Kugeln entstehen Zellen, welche sich zu einer Membran zusammenlegen. Diese Membran nennt man Keimblase. Sie ist analog der Keimhaut, blastoderma, bei Vögeln (s. No. 47). Das Ei besteht also wenn es im uterus anlangt, aus zwei Membranen, einer äussern, der zona (s. No. 19), und einer innern, welche sich aus dem Dotter gebildet hat, der Keimblase. — Die zona heisst von jetzt an chorion.

Chorion. 45. Das Ei fängt an, in seinem Bette, d. h. der Uterusschleimhaut (decidua), zu wachsen. Das chorion (s. No. 44) wird an seiner ganzen Aussenfläche mit stumpfen Zotten, welche noch in der fünften Woche ganz gefässlos sind, besetzt (Taf II, Fig. 7 *A*). An der Stelle, wo das chorion an der decidua anliegt, wachsen seine Zotten reichlicher und werden dichter (chorion villosum); an den anderen Stellen bleiben sie kleiner und stehen weniger dicht, man nennt es hier chorion laeve.

Placenta. 46. Im vierten Schwangerschaftsmonate entsteht im uterus der Mutterkuchen, placenta, gewöhnlich an dem oberen hinteren Theile jenes Organs, und bleibt bis zum Ende der Schwangerschaft (No. 146). Es ist ein schwammiger, gefässreicher Körper, zu dessen Bildung die Zotten der decidua (Utriculardrüsen) von Seiten der Mutter (placenta uterina), die Zotten des chorion von Seiten des Kindes (placenta foetalis) beitragen. Beiderlei Zotten greifen in einander ein. Man kann sich die beste Veranschaulichung machen, wenn man den trächtigen uterus eines Wiederkäuers, z. B. einer Kuh, betrachtet. Hier ist nicht eine einzige placenta, sondern es sind viele kleine, von einander gesonderte placentae s. cotyledones vorhanden. Man kann den kindlichen Theil von dem mütterlichen vollständig herausziehen, wie die Wurzeln aus der Erde. Bei der Geburt geschieht dies wirklich so, der kindliche Theil reisst sich los, während der mütterliche im uterus bleibt. Bei dem Menschen sind die cotyledones zu einer Masse aneinandergerückt, die Verbindung des kindlichen und mütterlichen Theils ist viel inniger und man kann beide nicht lösen; nach der Geburt geht auch die ganze placenta ab. —

Digitized by Google

Zu der Zeit, wo die placenta entsteht, ist die Bildung des kindlichen Körpers im Eie bereits weit fortgeschritten; Blut und Blutgefässe sind vorhanden, ein Netz derselben verbreitet sich auf der Oberfläche der Zotten des chorion, es besteht aus Arterien, Capillargefässen und Venen, welche wie überall im Körper ununterbrochen in einander übergehen. — Auf dem mütterlichen Theile der placenta verbreiten sich gleichfalls zahlreiche Gefässe, den art. und venae uterinae angehörig. Die feinsten Arterien gehen meistens sogleich in sehr dünnwandige Venen über, ohne erst Capillargefässe zu bilden. — Die beiderlei Gefässnetze, das kindliche und mütterliche, liegen mithin dicht nebeneinander, ohne dass aber etwa Gefässe der einen Reihe in die der andern Reihe münden (E. H. Weber). Nichtsdestoweniger kann die Blutflüssigkeit aus den mütterlichen Gefässen in die kindlichen Gefässe übergehen und kindliche Blutflüssigkeit in mütterliche Gefässe gelangen, nämlich vermittelst Durchsickerns durch die dünnen Wandungen der Gefässe. Der Embryo erhält daher nicht das ganze Blut der Mutter, sondern nur die permeable Blutflüssigkeit (ohne Blutkörperchen, welche er sich selbst bereiten muss). Taf. III, Fig. 11.

Erscheinungen im kindlichen Körper. 47–134.

47. Die Beobachtung hat gelehrt, dass der Anfang der Entwickelung des Hühnchens im Ei wesentlich nicht verschieden ist von der des Säugethierembryo. Das gelegte Hühnerei besteht: 1) aus einer äussern Kalkschale, testa; 2) aus zweien an dieser dicht anliegenden, fest mit einander verbundenen und nur am stumpfen Ende des Eies von einander durch einen Luftraum abstehenden Membranen, membranae testacea (nach H. Meckel ist die Schalenhaut ein abgelöstes Stück der Schleimhaut der Eileiter, so dass sie als ein ânalogon der membrana decidua (No. 37) betrachtet werden kann); 3) dem Eiweiss, albumen, mit seinen um den Dotter liegenden weisslichen Schnürchen, chalazae, und 4) dem Dotter, vitellus. Der Dotter wird von einer dünnen Membran zusammengehalten, der Dotterhaut. Zwischen Dotter und Dotterhaut findet sich ein kleiner weisser Fleck, der Hahnentritt, cicatricula. Von dieser Stelle aus bildet sich im Hühnereie, unter dem Einflusse einer Wärme von 28—32° R., aus dem Dotter eine weisse Membran, die Keimhaut, blastoderma, welche wie eine runde Scheibe schon am ersten Tage der Bebrütung auf der Oberfläche des aufgeschlagenen Eies unter der Dotterhaut sehr deutlich bemerkt wird. — Die Dotterhaut mit ihrem Dotter und die unter der Dotterhaut liegende Keimhaut kann mit entsprechenden Theilen des Säugethiereies verglichen werden. Dabei muss man jedoch festhalten, dass nur der Hahnentritt nebst dem mit ihm zusammenhängenden innersten, flaschenförmigen, am gekochten Ei leicht erkenntlichen, viel weicheren Dottertheile — Bildungsdotter genannt — dem Säugethierei analog ist. Hin-

Digitized by Google

gegen ist der andere, zur Nahrung des jungen Thieres dienende Dottertheil — Nahrungsdotter genannt — im Säugethierei gar nicht vorhanden, weil dies vom Mutterblute genährt wird. Ein zweiter Unterschied zwischen den Säugethiereiern und den Vogeleiern besteht in der den Dotter umgebenden Membran. Die Dotterhaut hat nicht nur eine andere Textur als das chorion, sondern bleibt auch glatt an ihrer äussern Oberfläche, während das chorion (No. 19) mit Zotten bedeckt wird.

48. Schon vor der Bebrütung lässt sich nach Remak [1]) der sogenannte Hahnentritt in zwei Blätter deutlich scheiden, welche auch in ihrer Structur verschieden sind. Beide bestehen aus Kugeln, die bei der Bebrütung in Zellen übergehen. — Durch die Bebrütung vergrössert sich das obere Blatt rasch, das untere zerfällt wieder in zwei Schichten. — Sonach ist also die Keimhaut aus drei Schichten zusammengesetzt, welche über einander liegen, von denen die oberste das animale oder seröse Blatt, die mittlere das Gefässblatt, die unterste das vegetative oder Schleimblatt genannt wird; vgl. No. 59.

49. Wie in der Dicke, so gestaltet sich auch in der Breite der Keimhaut eine Abscheidung, wie schon der erste Anblick auf die Oberfläche zeigt. Das Centrum bildet ein heller, durchsichtiger Raum, der am zweiten Tage der Brütung des Hühnereies ungefähr $2^1/_2'''$ lang und $1^3/_8'''$ breit ist, area pellucida genannt (Taf. III, Fig. 9 *a*). Weiter nach Aussen folgt der zweite, durch einen ovalen, erst gelben, später rothen Ring (*c*) geschlossene Hof, area vasculosa (*b*), an demselben Ei $4'''$ lang, $3^1/_4'''$ breit. Diesen begrenzt endlich die äusserste, area vitellina, an demselben Ei ungefähr $10^1/_2'''$ lang, $11^1/_4'''$ breit.

50. In der Mitte der area pellucida entsteht der Embryo, im ersten Auftreten wie ein zartes Fädchen, welches man am Vogeleie nur dann deutlich erblickt, wenn man die Keimhaut durch einen umgebenden Kreisschnitt abschneidet und sie von dem daran hängenden Dotter und der Dotterhaut durch vorsichtiges Waschen isolirt. — Auch am Embryo lassen sich wenigstens sehr bald drei verschiedene Schichten unterscheiden, welche denen der Keimhaut entsprechen, über einander liegen und dieselben Namen tragen. Diese drei Schichten des Embryo liegen anfangs ganz in derselben Ebene mit den gleichnamigen Schichten der Keimhaut. Später hingegen, wenn jener breiter wird und stärker der Dicke nach wächst, als bei der Keimhaut dies der Fall ist, hebt sich der Embryo und schnürt sich von der Keimhaut ab (vgl. übrigens No. 53), so dass es nur durch einen

1) Remak, Unters. über Entwickelung der Wirbelth. Berlin 1852.

Digitized by Google

Stiel mit derselben noch in Verbindung steht. Dieser Stiel hat den Namen: Nabelblasengang, Dottergang, ductus vitello-intestinalis s. omphalo-mesentericus, und die Stelle, wo der Embryo abgeschlossen ist, der Nabel, umbilicus. Sowohl die seröse und Gefäss-, als auch die vegetative Schicht des Embryo schnüren sich eine jede von den gleichnamigen Schichten der Keimhaut ab, und es entsteht somit ein dreifacher Nabel, der des serösen, des Gefäss- und des Schleimblattes, sowie es sich von selbst versteht, dass auch der ductus vitello-intestinalis aus denselben Schichten bestehen muss. Dieser Stiel ist anfangs sehr kurz und wird später länger. Er dient beim Vogel zur Communication zwischen Dotter und Embryo. Durch ihn hängen die Gefässe beider nun von einander gesonderter Theile (Embryo und Gefässblatt der Keimhaut) zusammen (s. Taf. III, Fig. 8 *B*). — Bei Säugethieren und bei Vögeln ist der Process wesentlich derselbe, bei beiden schnürt sich der Embryo ab, bei beiden entstehen Nabelblasengang und Nabel, — nur ein Unterschied besteht, die Dottermasse bei Säugethieren ist gering, daher bald die den Dotter enthaltende Blase bei Säugethieren als ein kleines, fast durchsichtiges, mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen erscheint, das viel kleiner als der Embryo ist. — Bei Vögeln nennt man die Blase Dottersack, bei Säugethieren Nabelblase; s. Taf. III, Fig. 8 *B*, Fig. 7 *D* und No. 115. — In dem Dottersacke bei Vögeln ist die Nahrung des Embryo enthalten, die kleine Nabelblase der Säugethiere hingegen verschwindet, beim menschlichen Embryo schon in der achten Woche. Jedoch soll sie zuweilen bis zur Geburt bleiben (Mayer). [1])

51. Die Ernährung des Embryo durch den Dotter bei Vögeln geschieht theils in der Weise, dass der Dotter in der ersten Zeit als solcher in den Embryo hineinfliesst, und zwar in dessen Darm (No. 115 fg.), theils indem sich in der Gefässschicht der Keimhaut, welche den Dotter umschliesst, unmittelbar Blut und Gefässe bilden. In der Gefässschicht der Keimhaut, der area vasculosa, bemerkt man am zweiten Tage der Bebrütung eine zahlreiche Menge von Gefässen, Taf. III, Fig. 9, welche in ein rothes Randgefäss, Fig. 9 *c*, übergehen, das sinus terminalis, später vena terminalis genannt wird. An dem Theile der area vasculosa, welcher dem Kopfende des Embryo entspricht, theilt sich die vena in zwei Gefässe, welche sich zum Embryo begeben, sowie auch an anderen Stellen Zweige aus der vena zum Embryo laufen, s. Taf. III, Fig. 9 *d*, Taf. V, Fig. 15 *c* (venae omphalo-mesaraicae genannt); aus dem Embryo kommen aber auch Gefässe heraus (Fig. 9 *c*, Fig. 15 *g*), art. omphalo-mesaraicae genannt, welche mit den Gefässen in der area vasculosa communiciren. — Dies

1) Meyer in Acta nat. cur. XVII, P. 2. 1834.

Digitized by Google

ist der erste Kreislauf. — Er dauert bei Vögeln das ganze Embryonalleben hindurch (die vena terminalis hingegen verschwindet), und erst in der Geburtszeit schlüpft der kleine Rest des Dotters mit seinem Dottersacke in die Bauchhöhle des jungen Vogels. — Während der Brütung wird der Dotter dünner, wasserreicher, das Eiweiss consistenter, zäher. — Bei einigen Säugethierclassen (den Fleischfressern und Nagern) dauert der Nabelblasenkreislauf auch während des ganzen Fötuslebens, bei anderen hingegen und dem Menschen bleibt derselbe in der Regel nur sehr kurze Zeit.

52. Unmittelbar neben dem ductus vitello-intestinalis kommen aus dem Körper des Hühnerembryo ein zweites, anfangs ganz kleines Bläschen hervor, und Gefässe, welche sich auf dem Bläschen verbreiten. Dieses Bläschen besteht aus einer gefässführenden Membran und einer inneren Membran. Es kann von dem Dottersacke getrennt werden, auf welchem es liegt und ist nur von der Dotterhaut bedeckt. Nachdem dieselbe durchbrochen ist, liegt es nun an der membrana testacea (No. 47) an. Es wächst ziemlich rasch und hängt nur durch einen Stiel mit dem Embryo zusammen. Man findet die grösser gewordene Blase bald so dicht an der membrana testacea, dass sie bei Eröffnen des Eies leicht zerreisst; sie ist reich mit Gefässverzweigungen überdeckt. Da durch die membrana testacea Luft dringen kann, so gelangt dieselbe auch an die Gefässe. Die Gefässe der genannten Blase (vasa umbilicalia s. allantoidis) stammen aus der aorta (hypogastrica), vertheilen sich und gehen in Venen über, welche auf demselben Wege zurücklaufen und eine einzige vena umbilicalis s. allantoidis zusammensetzen. — Die Blase heisst allantois; der Stiel, wodurch dieselbe mit dem Embryo zusammenhängt, urachus (No. 124). — Die allantois ist mithin das Organ, durch welches das aus dem Körper des Vogel-Embryo kommende Blut an die Luft geführt wird. — Im Wesentlichen ganz ähnlich verhält es sich bei dem Säugethier- und Menschenei. Auch hier erscheint eine allantois. Wie sich aber im Hühnereie die allantois an die Dotterhaut anlegte, so legt sich die der Säugethiere an das chorion. Die allantois ist beim Menschen jedoch nur in der allerfrühesten Zeit vorhanden, später nicht mehr zu entdecken, sei es, dass sie vergeht, oder dass sie mit dem chorion untrennbar verwächst. Wohl aber ist der urachus vorhanden, und dann führt natürlich dieser die vasa umbilicalia unmittelbar zum chorion. Diese Gefässe bestehen aus zwei Arterien und einer Vene. Die arteriae umbilicales treten nicht nur an das chorion, sondern durch dasselbe hindurch, verästeln sich auf seinen Zotten zu immer feineren Zweigen und gehen zuletzt in Venen über, welche sich wieder vereinigen, auf demselben Wege zurückgehen, endlich eine vena umbilicalis zusammensetzen,

Digitized by Google

die zum Embryo gelangt. — Die vasa umbilicalia des Säugethieres kommen mithin nicht an die Luft, wie die des Vogels, sondern erhalten Nahrung und Luft aus dem mütterlichen Blute (No. 46).

53. Indem sich der Embryo von der Keim- oder Nabelblase abschnürt (No. 50) und nur durch einen Stiel mit ihr in Verbindung bleibt, wirft sich eine Falte um ihn, aufangend am Kopfe und Schwanze (Kopf- und Schwanzkappe). Diese Falte gehört aber nur der serösen Schicht der Keimhaut an, Gefäss- und Schleimblatt haben an derselben keinen Antheil. Sie wächst, dehnt sich über den Rücken und zuletzt über den ganzen Embryo aus, so dass sie eine vollständige Blase bildet, welche jedoch am Nabel die zwei Stiele und Gefässe durchlässt, welche No. 50 und 52 beschrieben worden sind. Diese Blase ist ganz gefässlos und heisst amnion, Fig. 8 *c*; es liegt anfangs dicht am Embryo an, später entsteht Flüssigkeit zwischen beiden, liquor amnii, in welchem mithin der Embryo schwimmt. Vgl. II. Amnion.

54. Der liquor amnii ist wahrscheinlich eine Absonderung des Fötus. Er findet sich auch in bebrüteten Vogeleiern. Es ist eine gelbliche, schleimige Flüssigkeit, welche rasch alkalisch wird. Ihre Bestandtheile sind in den verschiedenen Zeiten der Schwangerschaft (Trächtigkeit) nicht gleich. Das Wasser nimmt zu, die festen Bestandtheile ab. Scherer fand

	im 5. Monate:	im 10. Monate:
Wasser	975,84	991,474
Feste Bestandtheile	24,16	8,526
Albumin	7,67	0,82
Extractivstoffe . . .	7,24	0,60
Salze	9,25	7,06

Vogt: im 4. Monate Albumin 10,77, im 6. Monate 6,67. Mack und Lehmann bei reifen Embryonen Albumin 0,370 und 0,264.

Von Salzen erwähnt Mack: milchsaures Natron, Kochsalz, schwefelsauren und phosphorsauren Kalk. — Mitunter, jedoch nicht constant, finden sich Harnstoff (Rees, Wöhler) und Traubenzucker (Bernard). Letzteren habe ich wiederholt, jedoch nicht immer, in dem Amnioswasser von Kühen gefunden. [1])

55. Aus dem Körper des Embryo gehen also hervor: 1) der ductus vitello-intestinalis; 2) die auf demselben verbreiteten vasa omphalomesaraica; 3) der urachus; 4) die auf demselben verbreiteten vasa

1) Scherer in Zeitschr. f. wiss. Zool. I, 88. Vogt in Müll. Arch. 1837, p. 69. Mack in Heller's Arch. 1845, p. 218. Lehmann, Phys. Ch. II, 310. Rees, Lond. med. gaz. 1839, p. 462. Wöhler, Ann. d. Chem. B. 58, p. 98. Bernard Compt. r. T. 30, p. 317.

Digitized by Google

umbilicalia. Diese Theile sind unter einander 5) durch Zellgewebe und eine gelbliche Gallerte, welche man Wharton'sche Sulze nennt, verbunden. Auch 6) Nervenfäden lassen sich eine kleine Strecke weit vom Nabel aus verfolgen in diesen Theilen (Schott). [1]) — Hierdurch entsteht ein Strang, welchen man Nabelstrang, funiculus umbilicalis, nennt (No. 144). — Sehr rasch, schon bald nach der siebenten Woche, schwinden bei dem menschlichen Embryo der ductus vitello-intestinalis und noch früher seine Gefässe, während sie bei den Vogelembryonen die ganze Brütungszeit hindurch bleiben.

56. Sonach findet man an einem abgegangenen Menscheneie aus der früheren Zeit, z. B. der fünften Woche, folgende zu unterscheidende Theile: 1) die äussere Haut, welche schon im Eierstocke vorhanden war und zona pellucida genannt wurde (No. 19), später zottig wird und chorion (Taf. II, Fig. 7 *A*) heisst. Sie hüllt das Ei ein. Sie lag an der Wand des uterus an, und oft findet man noch an dem chorion die Fetzen der decidua (No. 37 fg.); 2) innerhalb des chorion findet man aus dem vormaligen Dotter entstanden: a) den Embryo, welcher durch ein Stielchen an b) dem Nabelbläschen (Taf. II, Fig. 7 *D*) hängt, in welchem er selbst früher sich gebildet hatte; c) die aus einer Schicht des Nabelbläschens gebildete Umhüllung des Embryo, das amnion; d) den aus dem Embryo bis zum chorion geführten, gefässreichen Strang, den funiculus umbilicalis (Taf. II, Fig. 7 *a*).

57. Die Entwickelung des Embryo ist anfangs wesentlich gleich bei Vögeln und Säugethieren. — Sie geschieht auf folgende Weise. Auf der Keimhaut (oder auch Keimblase genannt, No. 44) entsteht ein Fleck, der Embryonalfleck.

Krümmung des Embryo. Grösse desselben.

58. Der Fleck wächst zum Streifen, Primitivstreifen oder, nach einigen Beobachtern, zur Rinne: Primitivrinne genannt. In der weitern Entwickelung bleibt aber der Embryo nicht gerade liegen, sondern beugt sich von Vorn und von Hinten kahnförmig um. Man nennt ihn deshalb auch carina. Das eine Ende des Kahns ist das Kopfende, das andere das Schwanzende. — Die Umbeugung ist der Art, dass die künftige Vorderfläche des Kopfes und Hinterkörpers gegen die künftige Bauchfläche und resp. den Nabel hin geneigt sind. — Die Mass- und Gewichtsbestimmungen der abgegangenen Embryonen nach ihren verschiedenem Alter können nur annähernd sein, da besonders in der ersten Hälfte der Schwangerschaft es oft mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist, die Zeit der Befruchtung zu bestimmen und weil die Embryonen gleichen Alters doch verschiedene Grösse haben. — Wir geben im Folgenden das Mass vom Scheitel bis zum After und dann zugleich das Mass vom Scheitel bis zur Ferse.

---

1) Schott, Die Controverse über die Nerven des Nabelstrangs. Fkfrt. 1836.

Digitized by Google

Vom Scheitel bis zum After:		Vom Scheitel bis zur Ferse:
von 12—14 Tagen	1‴ (Thomson)	
„ 14—21 „	1—2‴	
„ 21—28 „	2—3‴	
„ 5 Wochen	4—5‴	
„ 6 „	5—6‴	
„ 7 „	7—9‴	
„ 8 „	10—11‴	
„ 9 „	11—12‴	14—15½‴
„ 10 „	12—14‴	16—19‴
„ 11 „	15—20‴	20—28‴
„ 12 „	21—24‴	30—33‴
„ 4 Monaten	2½—5″	3½—7½″
„ 5 „	5—7″	9—11″
„ 6 „	7—9″	12—14″
„ 7 „	9—10″	14—15″
„ 8 „	10—11″	15—17″
„ 9 „	11—12″	17—18″
„ 10 „	12—13″	19—20″

59. An dem Embryo unterscheidet man, wie schon No. 50 erwähnt, der Dicke nach drei Abtheilungen, eine oberste oder äusserste, die man das seröse oder animale Blatt nennt, eine mittlere, das Gefäss- Blätter.
blatt, eine untere oder innerste, das Schleimblatt [1]). (Merkwürdigerweise ist bei Meerschweinchen das vegetative Blatt das äusserste und das seröse das innerste. Bischoff). [2]) Das seröse Blatt ist die Grundlage des Nervensystems und seiner Umhüllungen, der Knochen, der willkürlichen Muskeln, der Haut; — das Gefässblatt ist die Grundlage des Herzens und der Gefässe; — das Schleimblatt die Grundlage des Darmcanals, der Lungen, Leber, des pancreas, der allantois. — Einige andere Organe entstehen so, dass alle Blätter daran Theil nehmen, namentlich die zur Harnexcretion bestimmten und die Geschlechtsorgane. Dies ist die Deutung, wie sie von Pander [3]) und hauptsächlich von Baer [4]) gegeben worden ist. Remak unterscheidet gleichfalls drei Blätter, von denen er das obere das sensorielle, das mittlere das motorische, das untere das nutritive nennt. Aus dem Axentheile des erstern entwickelt sich nach ihm das Rückenmark,

1) Mit „oben“ wird die dem Beobachter eines Eies zunächst zugekehrte Fläche bezeichnet (es ist die spätere Rückenfläche), mit „unten“ die spätere Bauchfläche, „vorn“ das Kopfende, „hinten“ das Schwanzende.

2) Bischoff, Entwickel. des Meerschweinchens. Giessen 1852.

3) Pander, Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Ei. Würzb. 1811.

4) v. Baer, Entwickelungsgeschichte der Thiere. Königsb. 1828, Bd. I.

Digitized by Google

das Gehirn, die Augenblase mit n. opticus, retina, chorioidea; aus dem peripherischen Theil die Linse und das Labyrinth, sowie die Geruchs- und Geschmackshöhlen. Der übrige peripherische Theil dieses obern Blattes, das er Hornblatt nennt, diene zur Bedeckung des Tastorgans, bilde Federn, Haare und Hautdrüsen. — Das mittlere oder motorische Blatt bilde die wilkürlichen und unwillkürlichen Muskeln. Aus dem Axentheile desselben entstünden die Rudimente der Wirbelsäule und der Rippen. Die Seitentheile zerfielen in eine obere und untere Schicht, aus jener entstünden die Wandungen der Brust- und Bauchhöhle, sowie die Extremitäten, aus dieser die Muskelhaut des Darms, das Herz und die Gefässe. — Aus dem dritten Blatte bildet sich, wie schon Reichert gelehrt hat, die Epithelialschicht des Darmes, sowie auch die Drüsen.

Serös. Blatt. Mitteltheil. 60–87.

60. An dem serösen Blatte des Embryo unterscheidet man einen Mitteltheil und Seitentheile. Der Mitteltheil entsteht zuerst und ist eher vorhanden, ehe die Seitentheile sich noch zeigen. Der Mitteltheil ist die Grundlage des Rückenmarks, des Gehirns mit seinen Umhüllungen und seinen Anhängen, dem Auge, dem inneren Ohre, der inneren Nase. Die Seitentheile bilden das Gesicht, den Hals, die Brust- und Bauchhöhle, die Extremitäten, die Epidermoidalgebilde und gehen in das amnion über.

61. Der Mitteltheil lässt sich nach Remak an Durchschnitten in eine obere und eine untere Schicht trennen; jene bildet das Centralnervensystem, diese die Wirbel und chorda (No. 59 und 62).

Rückenplatten. Chorda dorsalis.

62. Der Mitteltheil zerfällt in zwei seitliche Ausbuchtungen, die Rückenplatten, laminae dorsales (Taf. IV, Fig. 12 *h*), welche einen nach hinten etwas verdickten, nach vorn mit einem Köpfchen versehenen schmalen Streifen, chorda dorsalis, zwischen sich haben (Taf. IV, Fig. 12 *a*, *a*). Aus jeder Rückenplatte wird eine Hälfte des Wirbelcanals und eine Hälfte des Rückenmarks. Diese beiden, anfangs in derselben Fläche liegenden Hälften wachsen bald gegen einander und schliessen sich endlich zu einem Canale, nämlich dem Canale der Wirbelsäule. Ehe aber diese Schliessung und Bildung eines Canals zu Stande kommt, entstehen in den Rückenplatten viereckige, dunkle Stellen, aus welchen die Wirbel werden (Fig. 12 *b*), deren Anzahl sich von Stunde zu Stunde mehrt. Ausserdem wachsen die Rückenplatten nach vorn gegen den späteren Kopf zu und zeigen hier drei blasenförmige Erweiterungen, die nachherigen Gehirnblasen (Taf. IV, Fig. 12 *c*, *d*, *e*). — Hierdurch hat der Embryo einen Kopf, welcher durch die Krümmung, die er annimmt, deutlicher sich vom Rumpfe sondert. Denn indem der Kopf gegen den Bauch sich senkt, muss sich eine Hervorragung, der sogenannte Nackenhöcker, Taf. IV, Fig. 13 bei *e*, bilden.

63. Innerhalb der Höhle der Rückenplatten, in dem hintern Theile

Digitized by Google

derselben sowohl als dem vordern, lagert sich Nervenmasse ab (Rückenmark und Gehirn), von der Wandung nach der Mitte hin wachsend. Entstehung der Nervenmasse.

64. Die vorderste Gehirnblase wird zur Grundlage der Hemisphären des grossen Gehirns, der Sehhügel, der gestreiften Körper und der Commissuren. — Die mittlere Gehirnblase wird zur Grundlage der Vierhügel. Sie ist unter allen am Meisten hervorstehend, und erst im dritten Monate fängt sie an, gegen die bis dahin zurückstehende Hemisphärenblase sich zu verkleinern. — Die hintere Gehirnblase wird zur Grundlage des verlängerten Markes und kleinen Gehirns. Gehirnblasen.

65. Alle drei Blasen erhalten durch Furchungen Unterabtheilungen, und zwar finden Furchungen der Länge nach statt, wodurch zwei seitliche Hälften entstehen, und Furchungen der Quere nach. — Die vordere Gehirnblase zerfällt in eine vordere, grössere und hintere, kleinere Blase (Taf. IV, Fig. 13 *a*, *b*). Aus jener werden die Hemisphären, aus dieser die Sehhügel. Jene nennt man Vorder-, diese Zwischenhirn. — Das Vorderhin theilt sich früh in zwei seitliche Hälften, das Zwischenhirn (Fig. 13 *b*) erst im dritten Monate. Das Vorderhirn wächst stärker, als alle übrigen Theile. Daher erscheint bald das Zwischenhirn als Anhang, über und unter welchen sich das Vorderhirn legt; die Vorderhirnblase wächst aber noch weiter und deckt beim Menschen nicht nur die mittlere, sondern sogar einen Theil der hinteren Blase. Dies geschieht um den vierten Monat. Im ausgebildeten Gehirne werden daher Vierhügel und kleines Gehirn von den Hemisphären des grossen Gehirns verdeckt. Furchungen der Gehirnblasen.

66. Dadurch, dass sich im Innern der einzelnen Blasen Nervenmasse absetzt, bleibt bei Säugethieren wenig von ihrer Höhlung mehr übrig. Das vorderste Ende der Höhle des Vorderhirns ist das infundibulum; die Haupthöhle wird in eine mittlere (ventriculus tertius) und zwei seitliche (ventriculi laterales) geschieden, dadurch, dass das Zwischenhirn (Sehhügel) wie in das Vorderhirn eingeschoben erscheint und dadurch, dass sich in der Vorderhirnblase der gestreifte Körper jederseits bildet. Beide Körper sind am Ende des zweiten Monats entstanden. Gehirnblasen.

67. Im dritten Monate entstehen die Commissuren. Von Unten wächst das septum pellucidum; zwischen beiden Hemisphären das corpus callosum und unter demselben der fornix, dessen crura anteriora zuerst sich bilden, gleichzeitig oder noch früher die corpora mammillaria, die letzten Enden der crura anteriora. Diese sind, was bemerkenswerth ist, anfangs eine ungetrennte Masse und trennen sich später. Bei den meisten Säugethieren bilden die corpora mammillaria das ganze Leben hindurch nur eine einzige Masse. Commissuren.

Digitized by Google

Ammonshorn.

68. Im vierten Monate, wo das Vorderhirn bis über die Vierhügel nach Hinten sich ausgedehnt hat, wird an dem seitlichen und unteren Theile derselben Gehirnblase, welcher sich oberhalb des Zwischenhirns (Sehhügel) befindet, die Masse des Ammonshorns sichtbar, mit allen angränzenden Theilen.

Pedunculi cerebri.

69. Die Vorderhirnblase wird, wie schon erwähnt, allmälig immer mehr von Nervenmasse ausgefüllt, von der sich ein Theil mit der Nervenmasse verbindet, welche sich vom Rücken- und resp. verlängerten Marke ausbreitet und als pedunculus cerebri jeder Seite unter und neben der mittleren Gehirnblase (Vierhügel) hergeht und endlich das Zwischenhirn (Sehhügel) und die corpora striata durchzieht. — (*Anmerkung.* Auch in dem ausgebildeten Gehirne, namentlich kleinerer Säugethiere, lässt sich bekanntlich der Zug der Fasern der pedunculi cerebri auf diese Weise zeigen. Die unteren Mittelstränge des verlängerten Marks, corpora pyramidalia, gehen als funiculi pyramidales pontis durch die Brücke, streichen sodann in die crura s. pedunculi cerebri und wenden sich über den tractus opticus nach Aussen und Oben, gehen erst in die Sehhügel, sodann in die gestreiften Körper über und strahlen zuletzt in die Markmasse der grossen Gehirnhemisphären [radiatio medullaris cerebri] aus.)

Sehhügel.

70. Das Zwischenhirn, Taf. IV, Fig. 13*b* (s. No. 65), anfangs eine hohle Blase, nach Hinten mit der Blase der Vierhügel, nach Vorne mit der Blase der Hemisphären in offener Verbindung, zeichnet sich dadurch aus, dass sein Wachsthum viel langsamer von Statten geht, als das des Vorderhirns, von dem es sich abschnürte. Das Zwischenhirn ist, wie erwähnt, Grundlage der Sehhügel. Allmälig füllt sich diese anfangs einfache Blase ganz mit Nervenmasse aus, deren grösster Theil den Gehirnschenkeln (pedunculi) angehört, so dass sie weder nach Hinten, noch nach Vorne mit den angränzenden Blasen durch offene Mündung communicirt. Die hinter ihr liegende Mittelhirnblase endigt mit einer kleinen Öffnung hinter dem Zwischenhirne (aquaeductus Sylvii). Während der Ablagerung der Nervenmasse furcht sich das Zwischenhirn, es wird in zwei Sehhügel getrennt, zwischen denen schon im dritten Monate vorne die commissura anterior, hinten die commissura posterior und erst im neunten Monate die commissura mollis die Vereinigung bildet. Das Zwischenhirn tritt aber noch mit zwei anderen Theilen in bemerkenswerthe Verbindung, erstens mit dem Commissurensystem des Vorderhirns, indem die crura anteriora fornicis Fasern zu ihm hinschicken, und zweitens mit der Zirbel (glandula pinealis), welche im vierten Monate sichtbar wird. Sie ist ein Theil der Oberfläche des hinteren Zwischenhirns, welcher sich erhebt, löst, aber nicht mit den dahinter liegenden Vierhügeln verwächst.

Digitized by Google

71. Die mittlere Gehirnblase oder Vierhügelblase ist bis zum sechsten Monate ohne Furchung. Dann entsteht zuerst Längen- und im siebenten Monate Querfurchung. (*Anmerkung.* Bei sehr vielen Thieren kommt niemals die Querfurchung zu Stande, und es sind daher nicht Vierhügel, sondern Zweihügel.) Die Vierhügelblase wird zum Theil von der Masse ausgefüllt, welche den pedunculi cerebri (s. No. 69) angehört. Der unterste Mitteltheil allein bleibt Canal, aquaeductus Sylvii. Vierhügel.

72. Die dritte oder hinterste Gehirnblase scheidet sich durch eine Einknickung in zwei Abtheilungen, deren vorderste, das Hinterhirn (Taf. IV, Fig. 14 *A*, *d*), zum kleinen Gehirne, deren hinterste, das Nachhirn (Taf. IV, Fig. 14 *A*, *e*), zum verlängerten Marke wird. Erst im zweiten Monate sieht man als dünnes Markblatt das kleine Gehirn. (*Anmerkung.* Bei vielen Thieren, namentlich Amphibien, bleibt das kleine Gehirn das ganze Leben hindurch dünnes Markblatt.) Im fünften Monate entstehen die Furchungen zur Lappenbildung, im siebenten Monate lassen sich an den Hemisphären und dem Wurme die Windungen deutlich unterscheiden. — Mit der Entwickelung des kleinen Gehirns schreiten gleichmässig voran die strickförmigen Körper des verlängerten Marks, die crura ad pontem und auch die crura ad corpora quadrigemina. — Im vierten Monate ist der Markkern des kleinen Gehirns gebildet; Fasern desselben gehen eine Verbindung mit den Fasern der Stränge des verlängerten Marks (corpora pyramidalia und olivaria) ein und bilden die im vierten Monate vorhandene Brücke (pons Varolii). Kleines Gehirn und verlängertes Mark.

73. Der hintere Theil der dritten Gehirnblase wird zum verlängerten Marke. In dieser Blase beginnt die Anlegung der Nervenmasse von Unten und wächst nach Oben. Oben füllt sich jedoch die Höhle nicht vollständig aus. Es bleiben der calamus scriptorius und die vierte Hirnhöhle unbedeckt. Im dritten Monate entstehen mit dem kleinen Gehirne die corpora restiformia, später die Pyramiden und Oliven, etwa im vierten Monate. Verlängertes Mark.

74. Innerhalb der Höhle der Rückenplatten sondert sich die für die Fasern und Kugeln des Rückenmarks bestimmte Masse ab, die anfangs aus Zellen besteht. Das Rückenmark ist in der Mitte hohl, im dritten Monate ist der Centralkanal noch sehr deutlich, wird aber immer enger. Sicher ist es, dass er niemals ganz schwindet, weder bei Menschen noch bei Thieren. Gegen das Schwanzende hin ist er in der frühern Zeit erweitert. In den ersten Monaten geht das Rückenmark viel tiefer herab, und zwar bis zum Steiss; im dritten Monate über die Mitte des Kreuzbeins, im achten Monate hingegen reicht es nur bis zum dritten Lendenwirbel. — Wie das Rückenmark kürzer wird, bildet sich die cauda equina. Rückenmark.

Digitized by Google

Peripherische Nerven.

75. Die peripherischen Nerven sind bei einem zwölfwöchentlichen Fötus deutlich sichtbar. Nach Remak bemerkt man am Ende des dritten Tages beim bebrüteten Hühnchen vier mit Ganglien versehene Hirnnervenstämme, zwei vor, zwei hinter dem Ohrbläschen: trigeminus, facialis, glossopharyngeus und vagus.

76. Sehr früh (in der sechsten Woche) und noch früher als die cerebrospinalen Nerven erkennt man den n. sympathicus und die Ganglien, und zwar zuerst die am Halse und in der Brust.

Anlage der Sinnesnerven.

77. Aus dem vordersten Theile des Vorderhirns (No. 65) gehen die n. olfactorii und die Geruchsbläschen, aus den Seitentheilen des Zwischenhirns (No. 56) die n. optici und die Augen (Taf. IV, Fig. 12 *f*) hervor; zwischen dem Hinter- und Nachhirn entsteht das Gehörorgan (No. 85).

Cornea und sclerotica.

78. Die Augenblasen sind Fortsetzungen oder Ausstülpungen der vordersten Gehirnblasen. Diese bestehen aus der Hülle der Gehirnblase, d. i. der dura mater, der Nervenmasse und einer Flüssigkeit. Jede Augenblase besteht anfänglich gleichfalls aus diesen drei Theilen. Die Hülle derselben ist die, eine zusammenhängende Membran darstellende, cornea und sclerotica. Erst in der achten Woche beginnt die cornea durchsichtig zu werden. An dem vordern Theile der gemeinsamen Hülle des Augenbläschens (sclerotica und cornea) und zwar da, wo die cornea sich bildet, entsteht an dieser Hülle eine Einstülpung nach innen. Dieser eingestülpte Theil wird Pupillarsack (No. 85) genannt, vor welchem sich die Hülle als cornea schliesst.

Chorioidea.

79. Vor der fünften Woche ist das Augenbläschen hell. Von da an erscheint es als schwarzer Punct. Die chorioidea ist in der fünften Woche als Pigmentring zu erkennen, sie wächst von Vorne nach Hinten. — Die chorioidea hat an der innern und untern Seite einen Spalt (Taf. IV, Fig. 13), welcher nach Huschke [1]) der Rest der Trennung der in der frühesten Anlage vereinigten Augen ist. — Er verschwindet nach der siebenten Woche.

Iris.

80. Die iris entsteht viel später, erst gegen den dritten Monat.

Linse.

81. Die Linse ist in der siebenten Woche erkennbar. Sie liegt dicht hinter der cornea. Sie ist durch eine Einstülpung der äussern Haut oder vielmehr des von Remak sogenannten Hornblatts (No. 87) entstanden. Die Linse ist also gewissermassen eine verdickte Oberhaut, deren Zellen sich in die sogenannten Linsenfasern umgestalten. Sie legt sich in die Vertiefung, welche am vordern Theile der Augenblase sich zeigt und von dem Pupillarsacke gebildet wird.

Retina.

82. Die retina erscheint sehr früh. Sie reicht anfangs bis zum Rande der Linsencapsel. Dieses Ende verdünnt sich und wird zo-

1) Huschke in Meckel's Archiv 1832.

Digitized by Google

nula Zinnii. Der gelbe Fleck entsteht erst im ersten Jahre nach der Geburt.

83. In der zehnten Woche entstehen die Augenlider, welche im vierten Monate verwachsen, oder wenigstens sehr innig mit einander verkleben und vor der Geburt sich erst wieder lösen; um den sechsten Monat entstehen die Augenwimpern; im vierten Monate die Thränendrüse. Umgebungen.

84. Vor der Entstehung der iris (s. No. 80) wird die Linse von einem serösen, gefässreichen Sacke, Capselpupillarsack, eingeschlossen. Durch die iris wird derselbe in zwei Abtheilungen geschieden. Die vordere läuft vor der iris und verschliesst die Pupille, sie wird Pupillarmembran genannt; die hintere endet an der dahinter liegenden Linse und heisst Capselpupillarmembran. — Im siebenten Monate fängt dieser Sack an zu schwinden, doch bleibt die Pupillarmembran zuweilen bis nach der Geburt. — Die Bildung des Capselpupillarsacks wurde schon No. 78 angedeutet. Es ist eine Einstülpung der äussern Hülle der Augenblase, aus welcher die sclerotica und cornea entstehen, so dass also in der Augenblase eine becherförmige Vertiefung vorhanden ist. In diese legt sich ein abgeschnürter Theil der Oberhaut, die nachherige Linse, ein, und der eingestülpte kleine Sack schliesst sich. Pupillarsack.

85. Das innere Ohr entsteht als Anhang der hinteren Gehirnblase in Form eines kleinen Bläschens, welches Emmert'sches Ohrbläschen genannt wird (Taf. IV, Fig. 12 *i*, Fig. 13 *n*). Die häutigen Theile des Labyrinths bilden sich von der äussern Haut aus durch Einstülpung (Huschke, Reissner[1]), Remak). Es wird von einer Kapsel umschlossen, welche Grundlage des knöchernen Labyrinthes ist. Ohr.

86. Über das mittlere und äussere Gehörorgan s. No. 90; über das Geruchsorgan und über das Geschmacksorgan No. 94.

87. Die Seitentheile des serösen Blattes (s. No. 60) sind die sogenannten Bauch- oder Visceralplatten. Sie sind bei ihrem ersten Entstehen schmale Streifen, welche neben den Rückenplatten liegen, und zwar mit ihnen in derselben Ebene. Später wachsen sie von beiden Seiten so einander entgegen, dass sie sich nach der Bauchfläche hinwenden. Eine Sonderung in Hals-, Brust- und Bauchhöhle ist noch nicht erfolgt. — In den Visceralplatten scheiden sich Knochen, Muskeln, die Haut ab, und an der Gränze zwischen Visceral- und Rückenplatten treten die Extremitäten hervor. Diese Seitentheile sind von einer eignen Umhüllungshaut umgeben, aus der die epidermoidalen Gebilde des Fötus (Epidermis, Nägel, Federn, Schnabel etc.) entstehen und welche von Remak mit dem Namen Hornblatt belegt worden ist (No. 59). Seröses Blut. Seitentheile. 88—104.

---

1) Reissner in Müll. Arch. 1854.

Digitized by Google

Kiemenspalten.

88. Der vorderste Theil der Visceralplatten, welcher sich hinter den Gehirnblasen befindet, ist sehr merkwürdig. Es ist dies nämlich derjenige Körpertheil, aus welchem später grösstentheils das Gesicht und der Hals hervorgehen. Dieser Theil ist nicht zusammenhängend, sondern besteht aus mehren hinter einander liegenden Fortsätzen, welche bogenförmig in der Richtung von der Wirbelsäule gegen die Bauchfläche hin gegen einander wachsen. Diese Fortsätze sind bei kleinen Embryonen bis zur siebenten Woche an kleinen Läppchen erkenntlich. Man sieht sie z. B. an einem menschlichen Embryo von $2^3/_4'''$, der in natürlicher Grösse in Fig. 7. p. 56 dargestellt ist und den ich ungefähr drei bis vier Wochen alt schätze, gleich hinter der vordern Gehirnblase durch drei Linien angedeutet. Man nennt sie Visceral- oder Kiemenbogen. Zwischen denselben bleiben natürlich Spalten, welche ihr Entdecker, Rathke [1]), mit den Kiemenspalten der Fische verglichen hat. — Vgl. auch Taf. IV, Fig. 13*m*.

Kiemenbögen.

89. Man kann die Visceralbogen als Rippenfortsätze der Schädelwirbel und sie mit den Rippenfortsätzen anderer Rückenwirbel vergleichen. Wie um die chorda dorsalis herum die Anlagen der eigentlichen Wirbelkörper und Wirbelbogen entstehen, so bilden sich um das vordere Ende der chorda die Anlagen der drei Schädelwirbel. [Die Körper dieser drei Schädelwirbel werden gebildet 1) von der pars basilaris ossis occipitis, 2) von dem hintern Theile und 3) von dem vordern Theile des Keilbeins (bei menschlichen Embryonen sind diese drei Knochen blos durch Knorpelmasse vereinigt). Ihre Seitentheile mit den proc. transversi sind die partes jugulares des Hinterhauptbeins, die alae magnae und alae parvae des Keilbeins; die Schlussstücke mit den proc. spinosi sind die pars occipitalis (squama) des Hinterhauptbeins, die ossa parietalia und frontalia. — Hierzu kommen noch Schaltknochen, wie das Schläfenbein.] Auch an den Rückenwirbeln, welche keine Rippen tragen, sind bei Säugethieren mehr oder weniger deutliche Rippenrudimente vorhanden, so an den Hals- und Lendenwirbeln, und werden auch als proc. costarii bezeichnet.

90. Indem von beiden Seiten die vordersten Visceralfortsätze sich schliessen, entsteht der Eingang in die später getrennte Mund- und Nasenhöhle. An ihrem Ursprunge bildet sich eine kleine Hervorragung, der sogenannte Oberkieferfortsatz. Auf diesem wird ein Blastem abgelagert, woraus Oberkiefer und Jochbein entstehen, aus dem Blastem des ersten Visceralbogens selbst Unterkiefer, Ambos und Hammer, und in seiner Innenfläche die Zunge.

92. Der zweite Visceralbogen verwächst mit dem ersten beinahe

1) Rathke, Ueber die Kiemenspalten. Isis 1825. 27. 28.

Digitized by Google

ganz, nur seitlich bleibt ein Rest der Spaltung dauernd zurück, wodurch sowohl Trommelfell, als äusserer Gehörgang, Paukenhöhle und Eustachische Trompete entstehen. Am äussern Spalttheile wuchert das äussere Ohr hervor. Aus dem zweiten Visceralbogen selbst entstehen der Steigbügel und das kleine Horn des Zungenbeins (Reichert)[1], die proc. styloidei, die lig. stylohyoidea.

92. Aus dem dritten Visceralbogen bilden sich der Körper und die grossen Hörner des Zungenbeins, die cartilagines arytenoideae und der Kehldeckel (Reichert).

93. Der vierte Visceralbogen verschwindet und scheint bei Vögeln gänzlich zu fehlen (Taf. IV, Fig. 13).

94. Zu der Zeit, wo diese Kiemenspalten im menschlichen Embryo bestehen, sind die beiden Visceralplatten beider Seiten am vorderen Gesichte keineswegs noch vereinigt. Vielmehr stehen die Nasenlöcher, welche oberhalb des vordersten Bogens sich finden, noch relativ weit auseinander, ebenso die Augen, und es ist eine sehr grosse Öffnung vorhanden, welche die künftige Mund- und Rachenhöhle vertritt. — In derselben sieht man schon früh das erste Rudiment der Zunge.

95. In der sechsten Woche des Fötuslebens, vielleicht noch früher, Zähne.
entwickeln sich die Anfänge der Zähne.

96. In dem Kieferrande entsteht eine Rinne, in welcher wie Kegel die Zahnkeime, papillae s. pulpae dentium, hervorspriessen. Neben denselben entsteht eine Falte, welche über die Papille herüberwächst, sich schliesst und so das Zahnsäckchen bildet. An der Innenfläche der oberen Wand des Säckchens, welche also auf der Spitze des Kegels aufliegt, entsteht eine körnige Masse, das Schmelzorgan, welches die pulpa wie eine Kappe deckt. Auf der pulpa bilden sich die Zahnröhrchen, welche die wesentliche Grundlage der Zahnsubstanz bilden. Die Verknöcherung der pulpa beginnt schon im fünften Monate. — Aus dem Schmelzorgane bildet sich gleichzeitig der Schmelz. Wie die Bildung des Elfenbeins um die pulpa und die des Schmelzes an dem Schmelzorgane zunimmt, verkleinern sich die Bildungsorgane, und vom Schmelzorgane bleibt nur noch ein sehr dünnes Häutchen. — Viel später entsteht die Zahnwurzel und das Cement, d. i. die Knochensubstanz, welche die Zahnwurzel umgiebt und mit dem Elfenbein verschmilzt.[2]

97. Schon während des Fötuslebens entstehen zum Theil hinter den 20 Zahnsäckchen für die Milchzähne die für die bleibenden Zähne,

---

1) Reichert in Müll. Arch. 1837, p. 120.

2) Vgl. die abweichende Angabe von Natalis Guillot in Ann. d. sc. nat. 4. Ser. IX, 277.

Digitized by Google

von denen das für den vordersten bleibenden Backzahn in gleicher Reihe mit denen der Milchzähne steht.

Knochen. 98. In den ersten zwei Monaten sind alle Knochen des Embryo weich, von da an verknöchern sie. Ungefähr in folgender Ordnung geht die Verknöcherung vor sich. Ganz exact lässt sich dies deshalb nicht angeben, weil es oft sehr schwer ist, das Alter eines so jungen Embryo genau zu bestimmen. Die Verknöcherung beginnt

in der siebenten bis achten Woche:

am Schlüsselbeine;

in der neunten bis zehnten Woche:

an dem Unterkiefer, dem Mitteltheile (diaphysis) des Oberarms, Oberschenkels, Vorderarms, Unterschenkels;

in der zehnten bis elften Woche:

an den Rippen, Mittelhand- und Mittelfussknochen, Schulterblatt;

in der elften bis zwölften Woche:

an dem Stirnbein, der Schuppe des Hinterhauptbeins, den Bogen der Wirbel, Darmbein;

im dritten Monate:

an dem Keilbein, Gaumenbein, Jochbein, den Phalangen der Finger, am Thränenbein, Nasenbein, Oberkiefer, Scheitelbein;

im vierten Monate:

an dem Felsenbein, Pflugscharbein, Sitzbein;

im fünften Monate:

an dem Schambein, Siebbein, der untern Muschel;

im sechsten Monate:

an dem Brustbein;

im achten Monate:

an dem Fersenbein, Sprungbein, den grossen Hörnern des Zungenbeins;

im neunten Monate:

an dem Würfelbein.

Nach der Geburt:

an den Epiphysen der Röhrenknochen, dem tuber des Fersenbeins, den kleinen Knochen der Fusswurzel, allen Handwurzelknochen, der basis scapulae, dem acromion und dem processus coracoides.

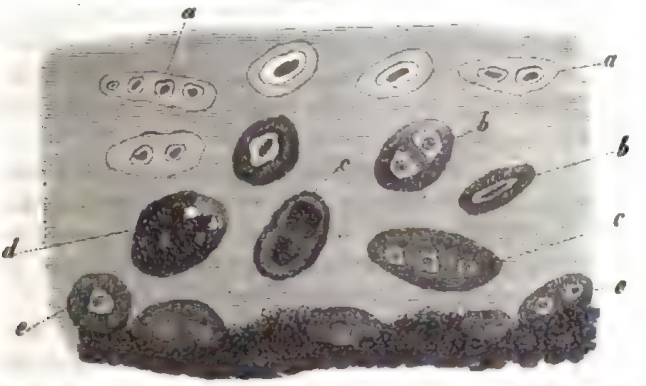
Bevor die Verknöcherung eintritt, zeigen sich die Knochen des Körpers in einer zweifach verschiedenen Form. Die einen sind nämlich vorher knorplich, bei den andern hingegen geht niemals die Knorpelbildung der Knochenbildung voraus.

Man kann das Knorpelgewebe schon mit dem blossen Auge, bestimmter durch das Mikroskop erkennen. Seine Härte ist der Art, dass der Schnitt auch im nicht getrockneten Knorpel vollkommen glatt wird, wodurch es sich von dem elastischen, Binde-, Muskel- und Nervengewebe einerseits und dem härtern Knochengewebe anderer-

Digitized by Go

seits unterscheidet. Diese Eigenschaft verdankt es hauptsächlich den sehr dicht aneinander gelagerten Zellen, welche (mit wenigen Ausnahmen) eine sogenannte Intercellularsubstanz zwischen sich haben und nicht flächenartig zu Membranen (wie bei der Oberhaut) ausgebreitet liegen. Der Knorpel ist meistens von weissbläulicher, selten gelblicher Färbung, elastisch, biegsam. Vgl. übrigens Buch II, D.

Figur 4.



Knochenrand gegen den Knorpel von der Symphyse des Mannes. 350 Mal vergrössert.

Die neuern Untersuchungen haben zur Gewissheit erwiesen, dass auch diejenigen Knochen, welche früher knorplich gewesen sind, doch nicht so entstehen, dass die Knorpelzellen in Knochenbestandtheile umgewandelt werden, sondern dass vielmehr der Knorpel vergeht und eine neue Bildung erfolgt, welche derjenigen analog ist, wie sie bei nicht knorplich präformirten Knochen sich zeigt, so dass also die Knorpel, welche den Knochen vorhergehen, zu den transitorischen Gebilden gehören, welche im Körper an vielen Stellen vorkommen.

Schon Nesbitt, Albin, Beclard, hielten die Knochenbildung für eine Neubildung, indem der Knorpel resorbirt würde. In neuerer Zeit hat Sharpey behauptet, dass der Knorpel den Knochen nur provisorisch vertrete, und Bruch giebt an, dass aus Knorpelzellen nur Lücken, aber niemals Knochenhöhlen mit ihren eigenthümlichen Ausläufern, s. Buch II, D. sich bildeten. Endlich haben mit zweifelloser Gewissheit diese Thatsache Baur[1]), Aiby[2]) und besonders H. Müller[3]) nachgewiesen.

Hierdurch ergab sich eine gleichartigere Uebereinstimmung in der Knochenbildung an allen Theilen im normalen und selbst im abnormen Zustande, welche wesentlich darin besteht, dass der eigentliche

1) Baur, Entwickelung der Bindesubstanz. Tübingen 1858.
2) Aiby in Zeitschr. für rat. Med. 1858. IV.
3) H. Müller in Siebold und Kölliker Zeitschr. IX, p. 147.

Digitized by Google

Heerd für neue Knochen das unter dem Namen Bindesubstanz bekannte Gewebe darstellt.

Zu den Knochen, welche vorher knorplich gewesen sind, gehören folgende: 1) das sogenannte knorpliche Primordialcranium, d. h. fast der ganze Schädel ohne die Schädeldecke, also das ganze Hinterhauptsbein, mit Ausnahme des obern Theils der squama, das Keilbein (nur mit Ausnahme der lamina externa processus pterygoidei, vielleicht auch der lamina interna und der cornua sphoenoidalia), die pars petrosa mit den Gehörknöchelchen und der p. mastoidea des Schläfenbeins, das Siebbein, die untere Muschel und das Zungenbein; 2) alle Wirbel; 3) die Extremitäten, sowie Schulterblatt, Rippen, Brustbein und Beckenknochen.

Zu den Knochen, welche vorher niemals knorplich waren, gehören: 1) von Schädelknochen der obere Theil der squama des Hinterhauptsbeins, das Scheitel- und Stirnbein, die p. squamosa des Schläfenbeins, der Paukenring; 2) alle Gesichtsknochen, mit Ausnahme der untern Muschel; 3) das Schlüsselbein (Bruch).

Nach der oben bereits angedeuteten Erfahrung beruht der Process, in welchem der Knochen aus Knorpel hervorgeht, auf einer Neubildung, während das schon vorhandene Gebilde des Knorpels aufgelöst und wahrscheinlich seine Elemente zum Material des neu aufzubauenden Knochens benutzt werden. Man kann also von einer Ossification der Knorpel bei der Entstehung der knorplich präformirten Knochen nicht mehr sprechen.

Aber nicht alle Knorpel, welche sich im Embryo gebildet haben, schwinden und machen den Knochen Platz. Vielmehr lehrt die Anatomie, dass der Knorpel noch an vielen Theilen des Körpers bestehen bleibt. Es giebt nun auch kalkige Ablagerungen in Knorpel, gewissermassen knorpliche Knochen, welche jedoch beim gesunden Menschen sehr beschränkt sind, bei manchen Thieren, z. B. Plagiostomen, eine grössere Ausbreitung haben, worüber vgl. H. Müller a. a. O.

Zur Zeit, in welcher die Knochenumbildung den Knorpeltod, einleitet, gehen aber erst im Knorpel merkwürdige Veränderungen vor. Die Knorpelzellen wachsen nämlich ungemein stark, sie werden aber nicht nur grösser, sondern vermehren sich sehr bedeutend, so dass auf denselben Raum eine ungleich grössere Menge von Zellen kommt. Diese bilden nun fast parallel stehende, oft sehr regelmässige und zierliche Reihen, wie z. B. an den Enden der Diaphysen von Röhrenknochen zu sehen ist. — In den Knorpeln entstehen durch Aufsaugung Canäle, welche nach Kölliker (Gewebel., p. 247) bei einem fünfmonatlichen Embryo $^1/_{50}$—$^1/_{25}$‴ weit waren und welche Gefässe führen. In diesen Knorpelkanälen ist ausserdem eine Markmasse enthalten, welche grösstentheils aus ein- und mehr-

Digitized by Google

kernigen granulirten Zellen besteht (Virchow).[1]) Sie sind ohne Zweifel aus der Knorpelsubstanz selbst hervorgegangen, welche auf der einen Seite in wuchernder Bildung, auf der andern in einer fressenden Auflösung begriffen ist.

Während in dieser Weise der Knorpel selbst eine lebhafte Thätigkeit entwickelt, beginnt der eigentliche Verknöcherungsprocess, der einen doppelten Ursprung hat, nämlich erstens in der Knorpelsubstanz, und zweitens in der Knorpelhaut (perichondrium).

In dem Knorpel schlagen sich anorganische Massen nieder.

Die anorganischen Niederschläge, welche man Kalkkrümel nennt, erkennt man unter dem Mikroskope bei durchfallendem Lichte als dunkle, meist unregelmässige Punkte, welche von der Oberfläche aus zuerst entstehen und sich weiter nach Innen ausbreiten. Der Niederschlag geschieht in der Grundsubstanz des Knorpels und in den sog. Knorpelkapseln. Es bilden sich dann durch Aufsaugung in der Kalkmasse Höhlungen, Markräume, in denen junge Zellen entstehen, welche eine sternförmige Form annehmen und so in Knochenzellen umgewandelt werden. Die Zellen, welche nicht zur Knochensubstanz verwendet werden, liefern die Theile, welche das Knochenmark zusammensetzen.

Die zweite Quelle der Knochenbildung ist an dem perichondrium. An der innern Fläche dieser Membran sitzt ein eigenes Blastem auf, welches aus unreifem Bindegewebe und runden, kernhaltigen Zellen besteht. Diese wandeln sich dann in die sternförmigen Knochenzellen um, während sich Kalksalze an denselben niederschlagen.

Muskeln.

99. Am Ende des zweiten oder Anfang des dritten Monats (nach Günsburg[2]) schon in der fünften Woche) entstehen die Muskeln, und zwar zuerst die Rumpfmuskeln. Anfangs ist eine jede Muskelfaser eine in die Länge gezogene, spindelförmige Zelle mit einem Kerne in der Mitte. So sieht man sie bei Muskeln von ganz jungen Hühnerembryonen und Kaulquappen. Diese Kerne vermehren sich, wahrscheinlich durch Theilung, immer mehr und mehr. Der Inhalt der Zelle besteht aus kleinen Körnchen, welche, indem sie zunehmen, eine solche Anordnung erhalten, dass die Muskelfaser ein quergestreiftes Ansehen bekommt. Vgl. übrigens das, was im zweiten Buche über Wachsthum der Muskeln mitgetheilt wird.

Corium und Epidermis.

100. Im Anfange des zweiten Monats ist schon das corium gebildet; es besteht aus Zellen, die sich in die verschiedenen Formelemente der Haut umwandeln, welche erst im dritten Monate bei zu-

1) Virchow in dessen Archiv, V. 438.

2) Günsburg, Untersuchung über die erste Entwickelung versch. Gew. Breslau 1854, p. 2.

Digitized by Google

nehmender Dicke der Haut sich deutlicher zu zeigen anfangen. Die epidermis, schon in der fünften Woche angelegt, ist im zweiten Monate gleichfalls gebildet. Sie schuppt sich, wie auch nach der Geburt, ab, bleibt aber auf der Haut sitzen, woher der aus Epithelialschuppen und Hauttalg bestehende käsige Ueberzug der Neugebornen (vernix caseosa) entsteht.

Haare und Nägel.

101. An der Entwickelung der Haare nehmen epidermis und corium Antheil. Sie beginnt im Anfange des vierten Monats an der Stirn und den Augenbrauen, indem zuerst die untere Schicht der epidermis (rete Malpighii)nach Innen flaschenförmig sich vertieft, dann auch die cutis oder Haarpapille der Haarwurzel entgegen wächst und als Haarbalg sie umhüllt. — Die Epithelialschicht sondert sich, indem aus ihr Haar, äussere und innere Scheide sich bilden.[1]) Die Haare des Fötus sind sehr fein und zart, man nennt sie lanugo. Die Richtung, in der sie erscheinen, ist sehr eigenthümlich, sie zeigen sich nämlich in bestimmten Linien, welche besondere Figuren bilden (Eschricht[2]). Im dritten Monate bilden sich die Nägel unter der obersten Epidermisschicht, die sie im Anfange des sechsten Monats durchbrechen.

Extremitäten.

102. In der vierten bis fünften Woche kommen als zwei weisse Leistchen, oben und unten, die Extremitäten zum Vorschein, deren hinteres Ende breit und abgerundet ist (Taf. II, Fig. 7 *p*, *q*). In dieser Form erscheinen sie ebensowohl bei Vögeln, als Säugethieren. — Zunächst sondern sich am abgerundeten Ende durch vier Einschnitte die Finger. Dann entstehen Schlüsselbein, Schulterblatt, Beckenknochen, Oberarm und Schenkel, Vorderarm und Unterschenkel.

Nabel.

103. In der achten Woche haben sich die beiden Hälften des serösen Blattes vollständig geschlossen, das Gesicht ist gebildet, die Nasenlöcher sind neben einander gerückt, eine Mundöffnung ist vorhanden. Nur an einer Stelle des Bauches ist das seröse Blatt noch geöffnet; diese offene Stelle ist der Nabel, welcher, je jünger der Embryo, desto weiter nach Hinten (gegen den After zu) liegt.

Gefässblatt. 105—113.

104. Während der Entwickelung des serösen Blattes hat sich auch das Gefässblatt (s. No. 48 und 59) weiter ausgebildet. Herz und Gefässe sind entstanden, und die letzteren haben das seröse Blatt vielfach durchdrungen.

Herz.

105. Man beobachtet leicht bei einem Hühnchen am Ende des ersten Tages die erste Anlage des Herzens. Es erscheint wie ein

---

1) Vgl. über die Entwicklung der Haare Kölliker, Mikrosk. Anat. I, 121; Remak, l. c. p. 98; Reissner, Beitr. z. Kenntn. d. Haare. Breslau 1854, p. 91. Steinlin in Zeitschr. f. rat. Med. VII.

2) Eschricht in Müller's Archiv 1837, p. 37.

Digitized by Google

dunkler, sich nach Hinten (nach dem Schwanze zu) und vorn in je zwei Schenkel ausbreitender Streifen, welcher aber in Wirklichkeit ein Kanal ist. Die hinteren Schenkel sind die venae omphalomesaraicae,

Figur 5.

Herzanlage eines Hühnchens am Ende des ersten Tages.

Figur 6.

Herz eines Hühnchens am zweiten Tage.

Fig. 5 und 6 *v v*, welche nach aussen gegen die area vasculosa verlaufen. Vgl. Taf. IV, Fig. 12′ und 12″, und Taf. V., Fig. 15 *c c*. Die vordern Schenkel, welche weniger deutlich erkennbar sind, werden zu den ersten Aortenbogen. Sie biegen sich gegen die obern Wirbel. Während am Ende des ersten und Anfange des zweiten Tages der Herzkanal *h* noch ganz gerade ist, baucht er sich im Verlaufe des zweiten Tages aus, und zwar erkennt man (beistehende Fig. 6) eine stärkere Ausbauchung *b* als Anlage des Ventrikels und eine viel schwächere *c* als Aortenbulbus, s. auch Taf. IV, Fig. 12″ *b* und *c*. — Bald unterscheidet man deutlicher drei Abtheilungen am Herzen, durch Einschnürungen geschieden, Taf. V, Fig. 15′ *a*: Vorhof, *x*: die Einschnürung, genannt canalis auricularis, zwischen diesem und der Kammer *b*, bei *m* eine zweite Einschnürung, fretum Halleri, an der Gränze zwischen Kammer und Aortenbulbus. — Wenn man einen Embryo am zweiten Bebrütungstage ansieht, so erscheint der Herzventrikel sogleich bauchartig vorgewölbt, s. Taf. IV, Fig. 12 *g*. — Durch diese Aussackung und das stärkere Wachsthum des Ventrikels nähern sich das Venenende, d. h. die Vorhöfe und der Aortenbulbus mehr, und indem das ganze Herz eine Wendung annimmt, erhält es eine Gestalt und Lage, welche der spätern entspricht. Am dritten Tage ist schon die Herzform vorhanden. — Im Verlaufe des dritten Tages tritt noch eine andere wichtige Veränderung im Herzkanal ein, indem von der Spitze des Ventrikels aus eine Scheidewand sich erhebt und dadurch am vierten Tage bereits zwei Ventrikel, ein rechter und ein linker, vorhanden sind, welche jedoch noch ziemlich lange in der Nähe der Basis des Ventrikels ungeschieden bleiben. Ebenso faltet sich, aber von oben ausgehend, der Vorhof in zwei Abtheilungen, einen grössern rechten und einen viel kleinern linken.

Am zweiten Brütungstage sieht man unter dem Mikroskope die Bewegung des Herzens, welches man am dritten Tage als rothen hüpfenden Punct, punctum saliens, mit blossen Augen erblickt. Drei hinter einander folgende Bewegungen gehen von dem Vorhofe, der Kammer und dem Aortenbulbus aus. — Man zählt ungefähr 150 Herzschläge in der Minute; durch Zusatz von warmem Wasser können sie bis zum Unzählbaren sich vermehren.

106. Auf ähnliche Art wie bei Vögeln geht auch die Bildung des Herzens bei Säugethieren und ohne Zweifel auch beim Menschen

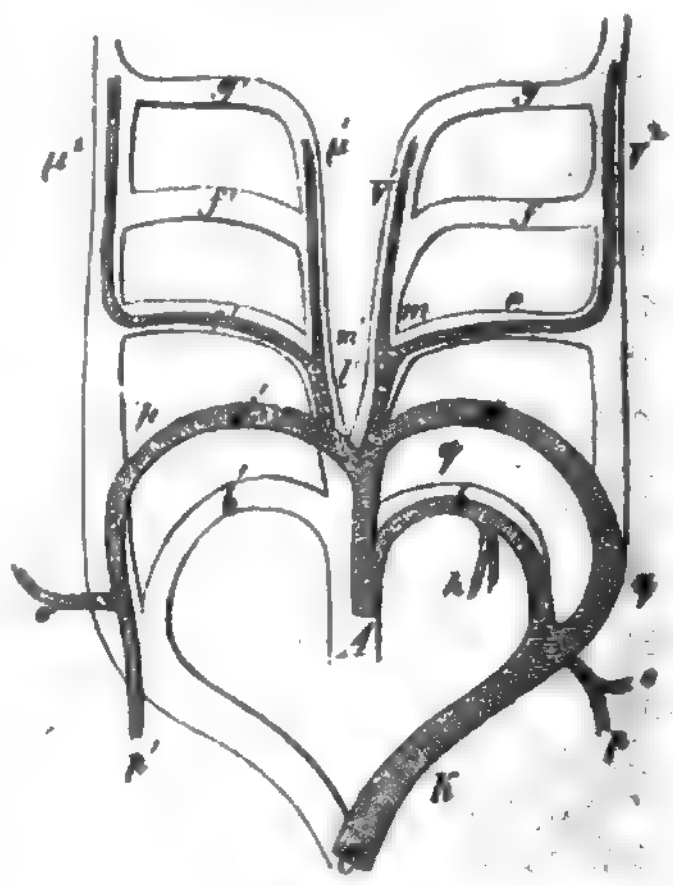
Digitized by Google

vor sich, wie besonders aus den Beobachtungen von Bischoff [1]) erhellt. Das Herz, welches bald ganz quer in dem Körper zu liegen kommt (Taf. II, Fig. 7*g*), dreht sich nach dem zweiten Monate so, dass die Ventrikel mehr nach Vorn und Unten und der Venensack mehr nach Hinten und Unten gerichtet ist, obwohl es noch lange dauert, bis das Herz seine Lage, wie bei der Geburt, erhalten hat. — Bis zum vierten Monate liegt es fast genau in der Mittellinie, von da an wendet sich seine Spitze mehr nach Links. — Im zweiten bis dritten Monate verhält sich das Gewicht des Herzens zu dem des Körpers = 1 : 50, im reifen Fötus = 1 : 120 (Arnold). [2])

107. Um die vierte Woche wächst, nach Meckel, [3]) die Scheidewand der Ventrikel; am Venensack buchten sich seitlich erst die Herzohren aus, und dann entsteht, und zwar von Vorn nach Hinten, die unvollkommene Scheidewand, welche erst nach der Geburt vollständig geschlossen wird.

Arterien. 108. Wenn sich am vorderen Herzende des Hühnchens der bulbus aortae (s. No. 106) gebildet hat, so entspringen aus diesem die sogenannten vorderen Herzschenkel (s. Taf. V, Fig. 15 *d*, *e*), welche nach der Rückwand hingehen. Diese beiden Aorten vereinigen sich bei allen Wirbelthieren zu einer einzigen aorta descendens, bald höher, bald tiefer, je nach der Zeit der Entwickelung. So gibt Allen Thomson [4]) an, dass gegen die 36. bis 40. Stunde der Bebrütung die aorta descendens noch in ganzer Länge doppelt sei, hingegen in der 48. bis 50. Stunde seien beide Gefässe in beträchtlicher Länge vereinigt. — Aus der absteigenden Aorte entspringt jederseits eine arteria omphalo-mesaraica, s. Taf. III, 9 *cc*, V, 15 *gg*. Es entstehen aber aus dem bulbus nicht nur zwei Aorten, sondern es treten vielmehr nach und nach noch mehrere, und zwar fünf Bogen hervor, welche sogar zum

Figur 7.



1) Bischoff Entwickelungsgesch. des Kaninchen- und Hunde-Eies. Braunschweig 1842, 1845.

2) Arnold, Anat. II, 1347.

3) Meckel, in dessen Archiv II, 402.

4) Allen Thomson, in Müller's Phys. II, 740.

Digitized by Google

grössten Theile wieder schwinden, zuerst gg' und ff' in vorstehender Fig. 7; von den bleibenden gehen verschiedene Arterien aus. Wir beschreiben dieselben nach Rathke,[1]) wie sie bei Säugethieren und Menschen (die bleibenden sind schraffirt, die vergehenden hell in der Fig. 7 gehalten) sich zeigen. Es sei A der bulbus aortae, welcher sich zuerst in die beiden Aorten bb' spaltet, aus deren Vereinigung die aorta descendens c hervorgeht. Später bilden sich die Bogen dd', ee', ff' und gg'. — Es schwindet von dem ersten Bogen bb' die rechte Aorte b' ganz. Von der linken Aorte b entsteht die in zwei Zweige sich spaltende arteria pulmonalis h und der ductus arteriosus Botalli i, welcher sich mit der bleibenden aorta descendens k vereinigt. — Aus dem vierten Aortenbogen dd' entsteht rechts der truncus anonymus l', aus dem die carotis communis m', welche sich wieder in die carotis externa μ^1 und interna μ^2 spaltet, die subclavia n', die a. vertebralis o' und axillaris p' hervorgehen. Das Ende der rechten Aorte d' schwindet, wie b'. — Aus der linken Seite des vierten Aortenbogens d geht der arcus aortae q, der Stamm der carotis m, mit der interna v^2 und externa v', der a. vertebralis sinistra o und axillaris sinistra p hervor.

109. Das Venensystem bildet sich nach Rathke[2]) so aus, dass zwei vordere und zwei hintere Haupt- oder Cardinalvenen entstehen. Die vordern sind die Jugularvenen, die hintern werden im engern Sinne Cardinalvenen genannt. Eine vordere und eine hintere verbinden sich jederseits in der Nähe des Herzens zu einem Stamme, ductus Cuvieri genannt. Beide ductus vereinigen sich wieder und münden in das anfangs noch einfache atrium. Die hintern Cardinalvenen nehmen alle Venen des Hinterkörpers auf, welche später in die vena cava inferior münden. Diese Anordnung bleibt so lange, als die Vorkammer noch ungetheilt ist, wie sie auch bei den Fischen, bei welchen eine Scheidung der Vorkammern überhaupt nicht vorkommt, das ganze Leben hindurch besteht; hingegen eine vena cava inferior nicht vorhanden ist. Die Ueberreste der hintern Cardinalvenen bei Säugethieren, Vögeln und einigen beschuppten Amphibien bilden die vena azygos und hemiazygea, welche den vordern Theil der Cardinalvenen ausmachen, während der hintere atrophirt, und deren zufliessendes Blut mit einem andern Gefäss, der unterdessen entstehenden vena cava inferior, communicirt. Die venae azygos und hemiazygea verbinden sich bleibend mit der aus den ductus Cuvieri entstandenen vena cava superior. Venen.

1) Rathke, Unters. über Aortenwurzeln der Saurier in: Denkschriften der Wiener Akad. 1857.

2) Rathke, Bau u. Entwickelung des Venensystems der Wirbelth., Königsberg, 1838.

Digitized by Google

Die vena cava inferior entsteht zwischen den Wolff'schen Körpern und mündet ursprünglich in die vena omphalo-mesaraica, und später direkt in den rechten Vorhof. — Während früher die vena omphalo-mesaraica die Lebervenen aufnahm, münden später diese in die vena cava selbst.

Von besonderem Interesse ist die Nabelvene. Sie besteht nämlich nicht allein aus dem Complex der Venen, die aus der placenta, resp. allantois kommen, sondern auch aus einer Vene der vordern Bauchwand, mit welcher sich die Venen der allantois vereinigen. Die Beobachtung von Burow[1]), dass die vena umbilicalis Zweige der venae epigastricae aufnimmt, von der ich mich gleichfalls überzeugt habe, ist in dieser Beziehung sehr wichtig.

Kreislauf. 110. Vom vierten Monate an ist der Fötuskreislauf vollständig in folgender Weise: Von der a. hypogastrica, einem Zweige der absteigenden aorta, entspringen die zwei arteriae umbilicales, welche neben der bereits entstandenen Harnblase (s. No. 124) zu dem urachus, der ununterbrochen mit der Harnblase communicirt, und mit ihm (in dem Nabelstrange s. No. 55) zu dem chorion hingehen und durch dasselbe zur placenta gelangen. Aus der placenta kehrt auf demselben Wege die vena umbilicalis (s. No. 109) zur vena cava zurück. Das Endstück der vena umbilicalis, der ductus venosus Arantii, führt Blutbestandtheile der Mutter in die Hohlader. Die vena cava inferior (Taf. V, Fig. 17 *a*) ist aber in dem rechten Vorhofe so gestellt, dass ihre Mündung der Öffnung der Scheidewand, d. i. dem foramen ovale, gerade gegenüber liegt (Fig. 17 *d*), dass also schon desshalb das meiste Blut nicht im rechten Vorhofe bleibt, sondern in den linken übergeht. Dieser Zweck wird aber noch mehr dadurch erreicht, dass vor der Vene eine Erhöhung (tuberculum Loweri) (Fig. 17 *f*), hinter derselben eine Falte der inneren Herzhaut (valvula Eustachii) (Fig. 17 *e*) dem eindringenden Blute zwei Dämme entgegensetzen, so dass dasselbe in der hierdurch gebildeten Strasse geraden Wegs zum ovalen Loche gelangen muss. Injicirt man Masse in die vena umbilicalis eines Fötus, so füllen sich die Körperarterien. — Die mütterliche Blutflüssigkeit, aus dem atrium sin. und ventriculus sin. in die aorta geführt, gelangt am Reinsten durch die Carotiden und Subclavien in den vorderen Körpertheil und das Gehirn; was hingegen in den absteigenden Aortentheil kommt, vermischt sich durch den ductus arteriosus Botalli (Taf. V, 16 *c*) mit dem Blute der a. pulmonalis, welches hauptsächlich von der vena cava superior stammt.

Blut. 111. In dem Embryo entstehen zuerst Gefässe, welche nach Remak noch ganz leer sind. In der area vasculosa sieht man sie schon mit

[1]) Burow in Müller's Arch. 1838, p. 44.

Digitized by Google

Blutzellen versehen. Die letzteren sind vorhanden, ehe noch ein Herz gebildet ist. Aus dem Bildungsstoffe, den der Säugethierembryo in der frühesten Zeit aus dem Inhalte des ovulum, sehr bald aber aus dem Blute der Mutter, der Vogelembryo durch den Dotter erhält, entsteht wahrscheinlich erst die Flüssigkeit des Blutes, plasma s. liquor sanguinis, und dann entstehen kernhaltige, ungefärbte, grosse, runde, oft wurzelförmige Zellen, aus denen sich die Blutkörperchen entwickeln, indem sie durch einen unbekannten Process gefärbte Körnchen erhalten und kleiner werden. Anfangs theilen sich die Blutkörperchen, indem erst eine Einschnürung und dann eine Trennung erfolgt. Diese Theilung scheint von den Kernen der Blutkörperchen auszugehen, deren Zahl vor der Einschnürung sich vermehrt, so dass in einer Blutzelle anstatt eines Kernes zwei, sogar drei und vier vorkommen. Die Kerne verkleinern sich bei Säugethieren später und scheinen endlich ganz zu verschwinden, so schon bei vierwöchentlichen Embryonen, während die Blutkörperchen sich abplatten.

112. Es ist durch neuere Beobachtungen wahrscheinlich geworden, dass bei Säugethieren die Blutzellen sich in der Leber erzeugen. Man findet hier alle Stufen derselben neben einander (Prevost und Dumas, Reichert, E. H. Weber, Kölliker). Es soll sogar die Vermehrung der Blutkörperchen durch Theilung vollständig aufhören, sobald die Leber hervorsprosst (Kölliker).[1])

113. Während sich das seröse und das Gefässblatt in der angegebenen Weise ausgebildet haben, entwickelt sich auch schon ganz früh das unterste oder Schleim- oder vegetative Blatt (s. No. 59). Es wird zum Darmcanal. Seine erste Anlage erfolgt zwar sehr früh, beim Hühnchen schon am zweiten Tage, aber erst, nachdem das Herz entstanden ist. Schleimblatt. 114—125.

114. Das Schleimblatt, ein sehr schmaler Streifen, wird, wenn es in die Breite wächst, erst zur Halbrinne, dann zum vollständigen Canal. Dieser Canal behält nur an einer Stelle eine Öffnung, Nabel oder Darmnabel genannt. Durch diese Öffnung communicirt der Darm ununterbrochen mit dem Stiele des mittlerweile entstandenen Nabelbläschens (s. No. 50). Taf. II, Fig. 7 *D*. Bei Hühnerembryonen besteht die Communication mit dem Dottersacke, welcher dem Nabelbläschen analog ist (Taf. II, Fig. 8 *A*), bis

Figur 8.

Darmrinne.

Menschlicher Embryo von drei bis vier Wochen im Ei. Man sieht das zottige Chorion, am Embryo selbst das Nabelbläschen, hinter dem Kopfe die drei Striche bedeuten die Visceralbogen. Das Herz steht hervor und dahinter ist die Leber sichtbar.

1) Kölliker in Zeitschr. f. wiss. Zool., B. IV 1846, p. 42. — Vgl. auch über die Bildung der Blutkörperchen Billroth, Entw. der Blutgef. Berlin 1856.

Digitized by Google

zum fünften Tage der Bebrütung, wo der Dottergang (No. 50) obliterirt.

Magen. 115. Der Darmcanal ist anfangs ein gerades Rohr, überall von gleichem Durchmesser. Rasch schwillt aber eine Stelle des Anfangs-Darmes mehr an, es ist der Magen (Taf. II, Fig. 7 *k*). Er steht anfangs durchaus vertical, was bei vielen Thieren normale Stellung während des ganzen Lebens hindurch bleibt. Seine kleine Curvatur ist nach Vorn, seine grosse nach Hinten und etwas nach Links gerichtet. Etwa in der sechsten Woche wendet er sich so, dass die kleine Curvatur mehr nach Rechts, die grosse mehr nach Links rückt. Im Anfange des dritten Monates liegt bereits die kleine Curvatur nach oben, die grosse nach unten hin gerichtet. Immerhin hat er noch im vierten und fünften Monate (s. Taf. V, Fig. 18, 19) nicht diejenige schräge Lage vollständig, wie im siebenten Monate. — Die vormals rechte Fläche des Magens wird durch diese Drehung die hintere, die linke die vordere. Erst im siebenten Monate hat er seine gewöhnliche Lage (Taf. V, Fig. 18, 19 *B*). Am Stärksten ausgedehnt ist sein Anfangstheil, da wo der fundus sich bildet, der bei der Wendung des Magens aus der verticalen in die mehr horizontale Stellung nach Links zu liegen kommt.

Darm. 116. In dem hinter dem Magen folgenden Theile des Darmcanals kann man zwei Abtheilungen unterscheiden. Die erste Abtheilung reicht bis dahin, wo der Darm ununterbrochen in den Stiel der Nabelblase (ductus vitello-intestinalis) übergeht (s. Taf. II, Fig. 7 *r*). Die andere Abtheilung geht von da wieder gegen die Wirbelsäule des Embryo hin (Fig. 7 *m*). Aus der ersten wird hauptsächlich der Dünndarm, aus der letzteren der Dickdarm, und nach der siebenten bis achten Woche ist die Verbindung mit dem d. vitello-intestinalis verschwunden, weil dann auch das Nabelbläschen nicht mehr existirt (s. No. 50). — Sowohl der Dünndarm als der Dickdarm wachsen, ersterer jedoch mehr als der letztere; in Folge der entstandenen Vergrösserungen legen sich beide in Windungen zusammen. Die Windungen des Dickdarms erfolgen der Art, dass sich ein mit einer Convexität nach Rechts gerichteter Halbkreis links neben den Dünndarm legt, dann der Darm sich immer weiter gegen die Milz hin erhebt, also zuerst das colon descendens entsteht; dann bildet sich das colon transversum, endlich auch das ascendens. In Taf. V, Fig. 18 und 19 fehlt das letztere noch.

Gekröse. Milz. 117. Das Bauchfell entsteht nach v. Baer und Bischoff aus den Seitentheilen des oberen (serösen) Blattes, s. No. 59, welche jener Bauch-, dieser Visceralplatten nennt; nach Reichert und Remak hingegen aus den Seitentheilen des mittleren Keimblattes (membrana intermedia Reichert, motorisch-germinatives Keimblatt, Remak). Da

Digitized by Google

aber, wo die Seitenplatten an der Wirbelsäule anliegen, erfolgt noch eine besondere Bildung, die Mesenterial- oder Mittelplatten, aus der das mesenterium, sowie Milz, Wolff'sche Körper, Geschlechtsdrüsen hervorgehen. Nach v. Baer bildet das mesenterium eine vorstehende Falte des serösen Blattes, zwischen welche die dem Gefässblatte angehörigen Gefässe sich einschieben. Durch diese Falte wird der Darm an die Wirbelsäule geheftet, ebenso der anfangs noch perpendiculär stehende Magen, welcher dadurch ein mesogastrium erhält. Das ganze Gekröse, mesogastrium wie mesenterium, folgt den Lageveränderungen und Vergrösserungen des Magens und Darmes. Wenn nun der Magen sich nach Rechts hin dreht und dadurch seine rechte Fläche die hintere wird, so zieht sich der seröse Überzug des Magens so aus, dass nach Links hin ein kleiner Beutel sich aussackt, während man nahe der Stelle, wo der Magen unter der Leber auf der rechten Seite in das duodenum übergeht, hinter den Magen hergehen und in jenen Beutel (saccus epiploicus) gelangen kann. Dieser Eingang, welcher sich später verengt, indem ein Überzug der Leber mit dem mesogastrium verwächst (omentum minus) liegt rechts vom lig. hepatoduodenale und ist das foramen Winslowii.

Aus denselben Bildungsstoffen, aus welchen das mesenterium hervorgeht, entwickelt sich auch die Milz, und zwar innerhalb des mesogastrium etwa in der neunten Woche; anfangs weisslich, macht sie sich bald als ein kleines rothes Körperchen hinter dem Magen bemerklich.

118. Das Gekröse des dünnen Darmes liegt, wie der dünne Darm, anfangs vor dem Gekröse des dicken Darmes. Der Dickdarm windet sich aber so, dass er vor dem Dünndarm zu liegen kommt. Sein Gekröse ist kurz.

Ausstülpungen des Darmes.

119. Neben dem Darme bilden sich mehrere Organe, welche v. Baer früher als Ausstülpungen des Darmes bezeichnet hat. Spätere Untersuchungen haben jedoch dies nicht ganz bestätigt. Es gehören dazu: Lungen, Leber, pancreas, Blinddarm, allantois. Von diesen entstehen zuerst die allantois, dann Leber und Lungen, dann Blinddarm und pancreas.

Leber.

120. Am Meisten in die Augen fällt die Leber wegen ihrer Grösse. Sie entsteht schon frühe; beim Hühnchen am dritten Tage. Sie liegt unmittelbar hinter dem Herzen (Taf. II, Fig. 7 *h*, Taf. IV, Fig. 13 *f*), zur rechten Seite des Magens und auf ihm, nimmt fast die ganze Breite des Embryo ein, hat eine stark rothe Färbung, und schon früh lassen sich an ihr zwei Lappen unterscheiden. Der linke Lappen deckt, wenn man den Embryo auf dem Rücken liegend betrachtet, den Magen und einen Theil des Darmes. Die Leber bildet sich aus zwei Schich-

Digitized by Google

ten von Zellen, einer innern, aus der die Gallengefässe und Leberzellen, und einer äussern, aus der Gefässe, Nerven und Bindegewebe hervorgehen.

Lungen. 121. Unmittelbar vor dem Magen erkennt man als Lungen die beiden winzigen Anhänge der Speiseröhre schon ganz deutlich in der fünften Woche (Taf. II, Fig. 7 *i*): in der siebenten Woche ist die Luftröhre gebildet, und etwas später der Kehlkopf, der zum Theil von den Visceralbögen ausgeht (s. No. 93).

Pancreas. Blinddarm. 122. An der linken Seite des Darmes hinter dem Magen entsteht um die sechste Woche die dritte Ausstülpung, das pancreas (Taf. II, Fig. 7 *s*) und etwas früher, an der Gränze zwischen beiden Darmschenkeln (s. No. 117), das coecum.

Allantois. 123. In der Gegend, wo der Enddarm liegt, am hintern Körperende bildet sich ein Zellenhäufchen, das sich in eine gestielte Blase, allantois (Harnsack) verwandelt. Sie wächst rasch und tritt neben dem ductus vitello-intestinalis aus dem Embryo heraus (Taf. III. 8. *A* von einem Hühnerembryo, 10. *A* von einem Hundeembryo). Bei Vögeln legt sie sich an die membrana testacea, bei Säugethieren an die innere Fläche des chorion, bei Menschen verwächst sie mit diesem sehr rasch. — Nur bei menschlichen Eiern vom ersten und zweiten Monate ist sie nach v. Baer zu bemerken. (Eine Abbildung aus einem drei Wochen alten Eie s. Wagner-Ecker Ic. phys. XXV. V. C. g.) — Es ist ein kleines, flachgedrücktes Bläschen an der Stelle, an welcher der Nabelstrang in das chorion sich einsenkt, das mit einem Gange innerhalb des Nabelstranges communicirt. Sobald die Gefässe zwischen chorion und Embryo gebildet sind, findet sich kein Rest mehr von der allantois. Sie muss wahrscheinlich von Anfang an wenig entwickelt sein und schliesst sich in dieser Beziehung am Meisten der allantois von Nagethieren an, welche cylindrisch ist und auf der Bauchseite des Embryo bleibt, während sie bei andern Säugethieren, namentlich Raubthieren und Vielhufern (Schwein) eine beträchtliche Grösse erreicht. Man kann bei diesen Thieren zwei Schichten, wie bei Vögeln, unterscheiden, eine Schleimhaut- und eine Gefässschicht. Die erstere legt sich ans amnion an und wurde von Dutrochet[1]) endochorion genannt. — v. Baer[2]) sah die allantois als Ausstülpung des Darmes an; nach Remak[3]) entsteht sie als solide Wucherung, welche sich später zu einer Blase aushöhlt. Ihr

1) Dutrochet in Mem. du Mus. d'hist. nat., T. III, 82.
2) v. Baer, Entwickelungsgesch. der Th., B. II.
3) Remak, Unters. über die Entwickelung der Wirbelthiere. Berl. 1852.

Digitized by Google

Anfangsstück vereinigt sich mit dem Ende des Darmes, woraus die Kloake sich bildet. — Innerhalb der Allantoisblase von Vögeln und Säugethieren findet sich eine Flüssigkeit. Bei Vögeln ist sie anfangs hell, wird später gelblicher, es setzen sich dann gelbliche Concretionen ab, welche Harnsäure enthalten (Jacobson [1]), diese soll nach Prevost [2]) krystallinisch sein; ich konnte unter dem Mikroskope keine Krystalle sehen, sondern nur eine dunkle, amorphe, körnige Masse, welche sich als harnsaures Natron erwies und durch Zusatz von Salzsäure in schöne, rhombische, harnsaure Krystalle übergeht. Aus der zur Syrupsdicke verdunsteten Allantoisflüssigkeit der Kuh krystallisirt das Allantoin, noch vermischt mit phosphorsaurer und harnsaurer Magnesia. [3]) — Bei jungem Säugethierfötus findet sich auch Zucker in der Allantoisflüssigkeit (Bernard).

124. Der Gang der allantois, welcher in der Bauchhöhle bleibt, dehnt sich an dem unteren Theile aus und wird zur Harnblase. Der übrige canalartige Theil des Ganges, urachus, geht, nachdem er die Bauchhöhle verlassen hat, in den Nabelstrang ein. Bei Neugeborenen ist das obere Blasenende, vertex vesicae, conisch zugespitzt, und geht in einen dünnen, oft noch hohlen Strang, den urachus, über, welcher später obliterirt und das lig. vesicae medium darstellt, welches hinter der linea alba bis zum Nabel reicht. Indessen wird die Blase auch an ihrem Scheitel rundlicher.

Wolff'sche Körper.

125. Der Entwickelung der Harn- und Geschlechtsorgane geht die Bildung eines auf jeder Seite befindlichen Körpers voraus, der beim menschlichen Embryo nur bis zur achten Woche besteht und dann theilweise atrophisch, theilweise in andere bleibende Organe (No. 129) umgewandelt wird. Es ist der Wolff'sche Körper oder die Urniere, Primordialniere [4]) (Taf. II, Fig. 7 *n*, Taf. IV, Fig. 13 *h*). Er stellt eine Platte dar, welche zwischen dem serösen Blatt und dem Darme jederseits zu finden ist, in der ersten Embryonalzeit von dem Herzen an sich bis zum Schwanzende des Embryo erstreckt und aus querliegenden, reich mit Gefässen versehenen Canälchen besteht. Die mikroskopische Untersuchung der Wolff'schen Körper hat eine gewisse Ähnlichkeit mit den Nieren gelehrt. Es finden sich in ihnen sogenannte glomeruli (Rathke), wie in den

---

1) Jacobson in Schweigger's Journ. XI. 287.

2) Prevost in Bibl. univ., XXIX, 133.

3) Vgl. Lassaigne in Ann. d. Chim. 1. Ser., XVII, 301. Stas, Compt. r. XXXI, 629. Bernard. ibid. XXX, 317.

4) Vgl. C. F. Wolff, theoria gener. Hal. 1774, §. 229. Oken in seinem u. Kiesers Beitr. I, 74. v. Baer, Entwickelungsgesch. I. Rathke, Beitr. zur Gesch. der Thierwelt I, dessen Schriften d. naturf. Ges. zu Danzig.

Digitized by Google

Nieren. Im Innern der Canälchen kommt bei einigen Thieren Flimmerbewegung, wie in den Capseln der Nierenglomeruli vor (Köl-liker). — An dem äusseren Rande jedes Wolff'schen Körpers ist ein Ausführungsgang, welcher mit den Blinddärmchen des Wolff'schen Körpers zusammenhängt (Oken) und in den canalis urogenitalis (No. 130) einmündet. In dem Wolff'schen Körper ist ein Secret enthalten.

Nieren. 126. In der siebenten Woche entstehen Nieren, Nebennieren, Uretheren und innere Geschlechtstheile. — Hinter den Wolff'schen Körpern kommen die höckerigen Nieren, welche sich bald gelappt zeigen, zum Vorschein. Remak beobachtete ihre Entstehung beim Hühnchen durch Ausstülpung aus dem Mastdarm, dessen Epithel- und Faserschicht dazu verwendet werden. Bei Säugethieren hat man zuerst das Nierenbecken, die Nierenkelche, und dann erst die Nierencanälchen entstehen sehen. Die am oberen Ende der Nieren liegenden Nebennieren sind beim Fötus von beträchtlicher Grösse. Im sechsten Monate verhalten sie sich zu den Nieren = 3 : 5, beim Erwachsenen = 1 : 8.

Geschlechtstheile. Descensus testiculorum. 127. Hoden und Eierstöcke sind vor dem vierten Monate nicht von einander zu unterscheiden. Beide sind längliche Körperchen, welche am inneren Rande der Wolff'schen Körper erscheinen. Später wird der Hode rundlich und senkt sich bis in die Leistengegend, wo man ihn im vierten Monate antrifft, während der Eierstock länglich bleibt und nicht so weit herabtritt. In der Bauchhöhle ist der Hode in eine Falte des Bauchfells eingestülpt, und zwar in analoger Weise, wie der Dünndarm, so dass wie dieser durch das mesenterium, so auch der Hoden durch ein mesorchium verschiebbar ist. Zwischen den Blättern des mesorchium liegen, wie zwischen den Blättern des mesenterium, Gefässe. Das mesorchium erstreckt sich abwärts bis zum Anfang des Leistencanals und an dieser Stelle fasst es einen weisslichen Strang, gubernaculum Hunteri (Taf. V, Fig. 19 *a*) in sich, welches quergestreifte und glatte Muskelfasern enthält (Donders, Kölliker).[1]) Das gubernaculum lässt sich durch den Leistencanal bis zum Boden des Hodensacks verfolgen. — Nachdem das Bauchfell die Falte gebildet hat, welche den Bauchfellüberzug des Hodens (tunica adnata testiculi) und das mesorchium darstellen, so geht es als peritonaeum abdominale weiter an die regio hypogastrica und inguinalis. Auf diesem Wege verdeckt es die hintere Öffnung des Leistencanals. — Der Hode rückt nun während der Schwangerschaft immer weiter

1) Donders, Nederl. Lancet, 1849, p. 382. Kölliker, Gewebelehre, 3. Aufl. p. 531.

Digitized by Google

abwärts, befindet sich im siebenten Monate ganz nahe an der hinteren Öffnung des Leistencanals und schreitet auf diesem Wege stets weiter vor, um durch den Leistencanal in den Hodensack zu gelangen. Dieses Fortrücken wird vielleicht und sogar wahrscheinlich durch das gubernaculum eingeleitet, ohne dass man jedoch etwas Bestimmtes über diesen Hergang sagen könnte. — Auf seinem Wege schiebt nun der mit der tunica adnata versehene Hode den Theil des Bauchfells, welcher die hintere Öffnung des Leistencanals verdeckt, vor sich her und es entsteht dadurch gewissermassen ein Sack, dessen Boden gegen den Hodensack hin gerichtet ist, dessen Eingang hingegen nach der Bauchöhle hinsieht. Je mehr nun der Hode nach abwärts steigt, desto mehr verengt sich diese Öffnung; es entsteht ein Canal, canalis vaginalis, und zuletzt, indem derselbe obliterirt, bleibt ein Band, processus vaginalis, übrig. Bei Neugeborenen findet man in der Regel den Canal noch offen. — Der vorgeschobene Bauchfelltheil bildet die tunica vaginalis propria testis. — Eine eigene Darstellung der Vorgänge des descensus testiculorum von E. H. Weber s. Müll. Arch. 1848, p. 403.

Im weiblichen Körper rücken zwar die Eierstöcke nicht in den Leistencanal, wie die Hoden. Nichtsdestoweniger ist eine analoge Einrichtung vorhanden. Dem Scheidencanal entspricht der Nuck'sche Canal und dem gubernaculum das runde Mutterband.

Ihre Ausführungsgänge.

128. Neben den keimbereitenden Geschlechtstheilen entsteht nach Innen von dem Ausführungsgange des Wolff'schen Körpers jederseits anliegend noch ein Gang, den man den Müller'schen Gang nennt. Beide münden in den sinus urogenitalis (No. 130). Aus diesen Müller'schen Gängen bilden sich bei dem weiblichen Geschlechte Tuben und an deren Vereinigungsstelle der uterus. Bei dem männlichen hingegen bleiben dieselben rudimentär. Sie wandeln sich nämlich nicht wie dort in die Ausführungsgänge der Hoden um. An ihrem oberen Ende entsteht aus ihnen die sog. Morgagni'sche Hydatide (Kobelt). An ihrem unteren Theile treten sie aber ebenso, wie im weiblichen Geschlechte, zusammen und daher entsteht der kleine männliche uterus, utriculus s. vesicula prostatica, welcher zwischen den Samenblasen liegt, auch beim erwachsenen Menschen, besonders deutlich aber bei vielen erwachsenen Thieren (Pferd, Kaninchen, Biber u. s. w.) noch zu sehen ist (E. H. Weber). Von den Blinddärmchen des Wolff'schen Körpers verkümmern im männlichen Geschlechte die obersten und untersten. Die Überreste jener erscheinen häufig als längliche Hydatidenbläschen am Kopfe des Nebenhoden, die unteren Blinddärme als die nicht immer vorhandenen vasa aberrantia. Die mittleren hingegen werden die späteren coni vasculosi testis, welche den Kopf des Nebenhoden ausmachen.

Digitized by Google

Aus dem Ausführungsgange des Wolff'schen Körpers entsteht der Körper des Nebenhodens und der Samenleiter. In dem weiblichen Körper bleiben die Wolff'schen Körper und deren Ausführungsgänge rudimentär, nämlich die Neben eierstöcke, welche aus den mittleren Blinddärmchen des Wolff'schen Körpers entstehen. Man sieht sie in den alis vespertilionum zwischen Tuben und Eierstock sehr leicht, wenn man diesen Bauchfelltheil ausbreitet. Sie stellen zierlich gewundene Gänge dar. Sie wurden von Rosenmüller entdeckt, durch Kobelt [1]) von Neuem mit grosser Genauigkeit beschrieben. — Auch sind die bei Wiederkäuern vorkommenden Gärtner'schen Canäle Reste der Wolff'schen Körper.

Sinus urogenitalis.

129. In das Ende des Afterdarmes mündet in frühester Zeit, wie bei Vögeln, auch bei Säugethieren der urachus, und es besteht also eine Art von Kloake. Mit dem urachus verbinden sich die Ausführungsgänge der Wolff'schen Körper, die Ureteren, die Samen- oder Eileiter. Später (ungefähr in der neunten Woche) trennt sich dieser ganze Schlauch wahrscheinlich durch Falten, welche in der Kloake entstehen, von dem Ende des Darmes. Somit ist ein After gebildet und vor demselben eine kleine Höhle, sinus oder canalis urogenitalis, welcher also der gemeinschaftliche Ausführungsraum für Harn- und Geschlechtswerkzeuge ist.

Prostata.

130. Im vierten Monate sind die Ausführungsgänge der Geschlechtsdrüse mit derselben beim männlichen Geschlechte verbunden, während die Tuben vom ovarium beim Menschen getrennt bleiben. — Noch später entwickelt sich am Ende des canalis urogenitalis die Drüsenmasse der prostata, welche im weiblichen Geschlechte unter der Form der folliculi mucosi repräsentirt ist (Leuckart).

131. Aus dem sinus urogenitalis entsteht der Blasenhals und die Harnröhre. In die Harnröhre münden bei dem männlichen Geschlechte die vasa deferentia als ductus ejaculatorii, bei dem weiblichen Geschlechte hingegen entsteht zwischen dem Endstücke der Tuben und resp. des uterus und der Harnröhre eine Scheidewand.

Äussere Geschlechtstheile und Harnorgane.

132. Die äusseren Geschlechts- und Harnwerkzeuge wachsen den innern entgegen. In der sechsten Woche ist die Afteröffnung entstanden. Vor derselben erhebt sich ein Kegel, welcher an der dem After zugekehrten Fläche gespalten ist. Dieser Spalt schliesst sich beim männlichen Geschlechte vollständig, es bleiben nur als Reste die Aufwulstungen der Haut, welche das scrotum bilden, zurück. Im weiblichen Geschlechte schliesst sich der Spalt nur hinten; vorne bleibt er und bildet die grossen Schamlefzen. — Der Kegel wird

---

1) Kobelt, Nebeneierstock. Heidelberg 1847.

Digitized by Google

penis oder clitoris. Beide sind anfangs undurchbohrt, im vierten Monate entsteht das ostium cutaneum urethrae beim männlichen Geschlechte; — die urethra verwächst hier mit dem penis vollständig, was beim weiblichen Geschlechte nicht der Fall ist. Die labia minora bilden sich im vierten Monate; das hymen nach dem fünften, die Brüste schon im dritten.

133. Während alle Theile des Embryo gebildet werden, finden auch gerade wie nach der Geburt Secretionen Statt. Das bebrütete Hühnerei nimmt Sauerstoff auf und entleert Kohlensäure. Bestandtheile des Urins finden sich in der allantois (No. 125), Galle im Darme.

134. Am Ende des zehnten Monates ist die Bildung des Embryo vollendet. Um diese Zeit beginnt die Geburtsthätigkeit, welche sich durch Schmerzen (Wehen, dolores ad partum) dem Gefühle ankündigt. Die Wehen beginnen in der Mehrzahl der Fälle in der Nacht zwischen 12 und 3 Uhr (Casper), und die meisten Geburten fallen zwischen 9 Uhr Abends und 6 Uhr Morgens (Casper). Geburt. 135–146.

135. Von der Ursache des Eintritts der Geburtsthätigkeit weiss man nichts weiter mit Bestimmtheit, als dass sie nicht vom Fötus (Ansicht von Baudelocque, Nägele. Jörg), sondern vom uterus ausgeht, da sie selbst in den Fällen eintritt, in welchen der Fötus gar nicht im uterus enthalten ist, in den sogenannten graviditates extrauterinae.

136. Die Wehen beginnen von dem fundus uteri, welcher als fester Punct anzusehen ist, gegen den sich die Fasern, vornämlich die Längenfasern, über den Fötus zusammenziehen. Die Wehen werden vorzüglich vom Kreuze gegen die Symphyse der Schambeine hin gefühlt, sie stehen in der Regel im Verhältnisse zur Contraction des uterus.

137. Noch bis 15 Minuten nach dem Tode kann eine Geburt erfolgen (Leroux, d'Outrepont).

138. Ob auch die contractilen (Muskel-) Fasern der vagina, die sich vom uterus aus zu derselben erstrecken (Pappenheim [1]), zu der Geburt beitragen, ist nicht festgestellt.

139. Zwerchfell und Bauchmuskeln unterstützen durch ihre Contraction (Bauchpresse) die Geburt, besonders bei den heftigen Wehen vor der Geburt (dolores conquassantes).

140. In den meisten Fällen (96 : 100 Desormeaux [2]) liegt der Kopf vor und wird zuerst geboren. — Der grösste Durchmesser des Schädels (der gerade) tritt anfangs in den grössten Beckendurchmesser

1) Pappenheim in Arch. für phys. Heilk. III, 99.
2) Desormeaux in Dict. de Méd.

Digitized by Google

(den schiefen). Ist der Kopf durch den Muttermund durchgegangen, so dreht er sich so, dass das Hinterhaupt hinter den Schambeinen, das Gesicht in der Aushöhlung des Kreuzbeins liegt. Der Kopf wird gewöhnlich so geboren, dass das Gesicht nach der hinteren Seite des rechten Oberschenkels der Mutter sieht.

141. Dem Kopfe geht, wenn sie nicht schon früher geplatzt ist, eine Blase voraus, welche durch den starken Druck endlich berstet. Diese Blase ist durch den liquor amnii entstanden (No. 53), welcher in dem amnion enthalten ist. Mit dem amnion eng verbunden ist das chorion.

Erstes Athmen. 142. Sogleich nach der Geburt athmet unter ganz normalen Verhältnissen das Kind und schreit; zuweilen schon noch innerhalb der vagina. — An Thieren, welche man innerhalb der Blase beobachtet hat, sah man Bewegungen, welche Ähnlichkeit mit Athembewegungen hatten (Leclard, Volkmann), wovon ich mich gleichfalls bei jungen Hunden überzeugt habe.

Nabelstrang. 143. Das neugeborne Kind hängt mit seinem Nabel an dem Nabelstrange, dessen Gefässe noch offen sind. Die Arterien des Nabelstranges sind gewöhnlich um die in der Mitte liegende Vene gewunden, und zwar von Links nach Rechts. Die Ursache dieser Windungen ist unbekannt. — Zwischen den Gefässen findet sich die Wharton'sche Sulze (No. 55). Auch Nerven sind in dem Nabelstrange enthalten (Schott), während es hingegen hinsichtlich der Lymphgefässe (Fohmann) zweifelhaft ist. Der Nabelstrang ist meistens gegen 20″ lang, zuweilen viel kleiner, aber auch länger.

144. Es werden mehr Knaben als Mädchen geboren (= 105 : 100 nach Quetelet).

145. Gleich nach der Geburt zieht sich der uterus mehr zusammen. Die placenta wird nach kürzerer oder längerer Zeit unter neuen Schmerzen (Nachwehen) ausgestossen (Nachgeburt). Sie ist an der Fläche, welche mit dem uterus verbunden war, rauh und zeigt, wie auch die innere Uterusfläche, viele abgerissene Gefässenden; an der Fläche, welche dem Embryo zugewendet war, ist sie glatt. Es liegen hier nämlich das chorion und amnion an.

Wochenbett. 146. Nach der Geburt beginnt das sogenannte Wochenbett.

Lochien. 147. Es entsteht ein Ausfluss aus dem uterus, welcher anfangs blutig, dann mit Blut gemischter Schleim ist und drei bis vier Wochen dauert, die Lochien. Sie enthalten gut erhaltene Blutkörperchen und Epithelien.

Hautexcretion. 148. Die Haut excernirt mehr.

Milch. 149. Am zweiten Tage schmerzen die Brüste und fliesst am zweiten bis vierten Tage Milch aus, welche in der ersten Woche ausser den eigenthümlichen Milchkügelchen (s. Nr. 152), noch grössere (ungefähr

Digitized by Google

$^1/_{100}$‴) Körnerkügelchen, Colostrum-Körperchen, enthält. Es sind fetthaltige Zellen, welche schon gegen Ende der Schwangerschaft sich in den Milchdrüsen bilden. Die erste Milch heisst colostrum und ist reicher an festen Bestandtheilen (Milchzucker, Butter).

150. Die Muttermilch reagirt in der Regel alkalisch, selten neutral. Unter 385 Fällen fand man sie nur 45 Mal neutral (Schlossberger[1]). Bei Thieren ist die Milch mitunter schwach sauer (Moleschott, Schlossberger u. A.), wovon ich mich gleichfalls an ganz frischer Kuhmilch überzeugt habe. In derselben sind kleine Kügelchen suspendirt, die ihr die weisse Farbe verleihen. Ihr specifisches Gewicht ist zwischen 1,018 und 1,045 (Scherer), gewöhnlich 1,032 (Simon). Die Milchkügelchen haben meistens eine Grösse von $^1/_{550}$‴ bis $^1/_{800}$‴, es giebt aber auch beträchtlich grössere. Sie bestehen aus einer Hülle und einem Inhalt. Setzt man unter dem Mikroskope der Milch etwas Essigsäure zu, so bekommen die Kügelchen verzerrte Formen, woraus man auf eine Hülle schloss (Henle). Der Inhalt ist Fett. Schüttelt man Milch blos mit Äther, so bleibt sie undurchsichtig; wird sie hingegen zuerst mit Kali, wodurch die Hüllen aufgelöst werden, dann mit Äther behandelt, so verliert die Milch ihre weisse Farbe und wird durchsichtig, wie Leim (Mitscherlich). Der Fettgehalt der Muttermilch wird sehr verschieden angegeben; so schwankt derselbe nach Simon zwischen 2,53 und 3,88 %, nach Haidlen zwischen 1,3 und 3,4, nach Vernois und Becquerel zwischen 0,666 und 5,642. Clemm und Scherer fanden sie am vierten Tage nach der Geburt 4,297, am neunten Tage 3,532, am zwölften Tage 3,345 %. Wahrscheinlich hat die Nahrung einen grossen Einfluss. — In der Flüssigkeit der Milch sind ferner Käsestoff (mit phosphorsaurem Kalke und phosphorsaurer Magnesia verbunden), Eiweiss, Milchzucker, Salze und Extractivstoffe gelöst. — Je länger eine Frau säugt, desto mehr nimmt der Käsestoff der Milch zu (Simon).

Analysen der Muttermilch.	Maxima.	Minima. In 1000 Theilen.	Mittel.
Wasser	914,0	861,0	801,0
Casein	45,2	19,6	33,7
Butter	54,0	8,0	37,1
Milchzucker und Extractivstoff	62,4	39,2	38,5
feuerfeste Salze	2,7	1,6	1,9
	Simon.	Simon.	Clemm.

1) Schlossberger in Ann. d. Chem., B. 87, p. 317. — Moleschott im Arch. f. phys. Heilk. XI, 697. Scherer in Wagners Handwörterb. II, 449. — Simon, Frauenmilch, Berl. 1838. — Henle, Allg. Anat., p. 942. — Vernois und Becquerel, du lait chez la femme. Par. 1853.

Digitized by Google

Nach Vernois und Becquerel ergab das Mittel aus 45 Beobachtungen: 88,91% Wasser, 3,92 Käsestoff und Extractivstoff, 4,36 Milchzucker, 2,67 Butter, 0,14 Asche.

Vgl. das, was bei den Nahrungsmitteln über Milch mitgetheilt ist.

Meconium. 151. In den ersten Lebenstagen entleert das Kind den schwarzen Inhalt seiner Gedärme, meconium, das Kindspech. Dasselbe enthält Gallenfarbstoff, Gallenfett, Schleim, aber nicht die eigenthümlichen Gallensäuren.

152. Den grössten Theil der ersten Wochen schläft das Kind; während der ersten Tage wacht es kaum 2 Stunden in 24.

Zähne. 153. Neun Monate nach der Geburt, zuweilen früher, zuweilen später, brechen die ersten Zähne (untere Schneidezähne) aus ihren Säckchen, und mit zwei Jahren sind gewöhnlich nach folgender Reihe alle zwanzig Zähne durchgekommen: zwei untere Schneidezähne, zwei obere Schneidezähne, zwei obere Schneidezähne, zwei untere Schneidezähne, die ersten Backzähne, die Eckzähne, die übrigen Backzähne.

154. Die zweite Zahnung beginnt gewöhnlich im siebenten Jahre. die hintersten Backzähne brechen aber erst gegen das 20. Jahr durch.

Digitized by Google

Zweites Buch.

Ernährung.

1. Die Ernährung beruht darauf, dass a) Stoffe von Aussen in den Körper aufgenommen werden, b) Blut und c) Wärme sich bilden, d) die einzelnen Organe des Körpers in ihrer Integrität sich erhalten, e) endlich gewisse Auswurfstoffe aus dem Körper entleert werden.

2. Durch die Respirationsorgane wird Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft aufgenommen und Kohlensäure aus dem Körper abgegeben. Durch die Digestionsorgane werden Speisen aufgenommen und Koth abgegeben, durch die Harnwerkzeuge, Geschlechtswerkzeuge, äussere Haut, Schleimhäute, Thränenorgane wird von Aussen nichts aufgenommen (über die äussere Haut s. u.), hingegen werden Urin, Samen (beim männlichen), oder Blut und ovula (beim weiblichen Geschlechte), Schweiss, Epithelien, Schleim, Thränen abgegeben. Die Leber nimmt nichts von Aussen auf, giebt aber einen Theil ihrer Producte nach Aussen, einen andern dem Körper zurück. Die Speicheldrüsen führen nichts nach Aussen, sondern geben ihr Secret (wahrscheinlich ganz) dem Körper.

3. Mit Ausnahme des Kothes, welcher zum grossen Theile von den aufgenommenen Speisen herstammt, rühren die von den andern genannten Organen abgegebenen Stoffe nicht direct von den eingeführten her, sondern sie kommen verändert oder unverändert aus dem Blute. Das Blut steht also zwischen aufgenommenen und ausgeführten Stoffen in der Mitte.

4. Die Digestionsorgane nehmen nicht nur Stoff auf und führen aus, sondern in ihnen bereitet sich auch die Blutbildung vor.

Digitized by Google

A. Respiration.

Allgemeines.

5. Das Athmen der Thiere besteht wesentlich darin, dass dem Blute Sauerstoff (O) zugeführt und aus dem Blute Kohlensäure (CO^2) entleert wird.

Für die regelmässige Ausführung dieser Zwecke sind die Respirationsorgane bestimmt. Mittelst der Inspiration gelangt die atmosphärische Luft und damit auch der Sauerstoff, der ungefähr den fünften Theil derselben ausmacht, in die Lungen und von da aus ins Blut. Mittelst der Exspiration wird kohlensäurehaltige Lungenluft in die Atmosphäre zurückgeführt.

Die Verbindung thierischer Körpertheile mit Sauerstoff und die Entwickelung von Kohlensäure scheint sich leicht herzustellen. Die Blutkörperchen ziehen den Sauerstoff aus der Luft an, so auch der aus dem Blute geschlagene Faserstoff (Scherer): die frischen Eier verbrauchen Sauerstoff, und bei der Bebrütung wird Kohlensäure entwickelt. [1]) Am neunten bis zehnten Brütungstage des Hühnereies wurde 0,0238 Gramm Kohlenstoff ausgeschieden und 0,1148 Sauerstoff absorbirt (Baudrimont und St. Ange). [2]) Abgetrennte Muskeln athmen gleichfalls noch fort. v. Humboldt hatte schon beobachtet, dass Froschschenkel in Sauerstoff länger reizbar bleiben; als in atmosphärischer Luft oder Wasserstoff. Krimer sah, dass Kalkwasser sich trübte in einer Luft, in welcher Froschschenkel aufgehängt waren. Nach G. Liebig [3]) erzeugte ein Unterschenkel vom Frosche innerhalb 17 Stunden in Sauerstoff 0,0048 Gramm und in atmosphärischer Luft 0,0040 Gramm Kohlensäure.

Aber auch durch die äussere Haut dringt Sauerstoff ins Blut und Kohlensäure wird ausgeleert, ohne dass jedoch durch periodische organische Bewegungen der Zu- und Abfluss geregelt ist, wie dies beim Lungenathmen geschieht. Nichtsdestoweniger ist die Hautathmung, insbesondere bei Störung der Lungenathmung, von entschiedenem Einflusse.

Endlich lässt sich mit Sicherheit annehmen, dass auch auf der Schleimhaut des Darmkanals, insbesondere des Magens, eine solche Strömung stattfindet. Denn sowohl mit den Speisen und Getränken, als auch durch die Schluckbewegung, welche sehr häufig ausser der Zeit der Nahrungsaufnahme erfolgt, gelangt atmosphärische Luft zur Magen- und Darmoberfläche. CO^2 findet sich in der Höhle des Magens und Darms.

---

1) Vgl. Bischof und Dulk in Schweigger's Journ. 1830, p. 263.
2) Baudrimont und St. Ange Compt. r. XVII, 1343.
3) G. v. Liebig in Müll. Arch. 1850, p. 393.

Digitized by Google

Im Folgenden sollen 1) der Mechanismus der Respiration in den besonders dazu bestimmten Organen, 2) die Wirkungen behandelt werden, welche durch die Luftaufnahme bedingt sind und theils auf chemischen, theils auf physikalischen Prozessen beruhen.

I. Mechanismus der Respiration.

Hierbei kommt dreierlei in Betracht, nämlich: 1) in welcher Art die zum Respirationsacte gehörenden Bewegungen ausgeführt und 2) wodurch sie angeregt werden, 3) welche Einflüsse sie zu modificiren vermögen.

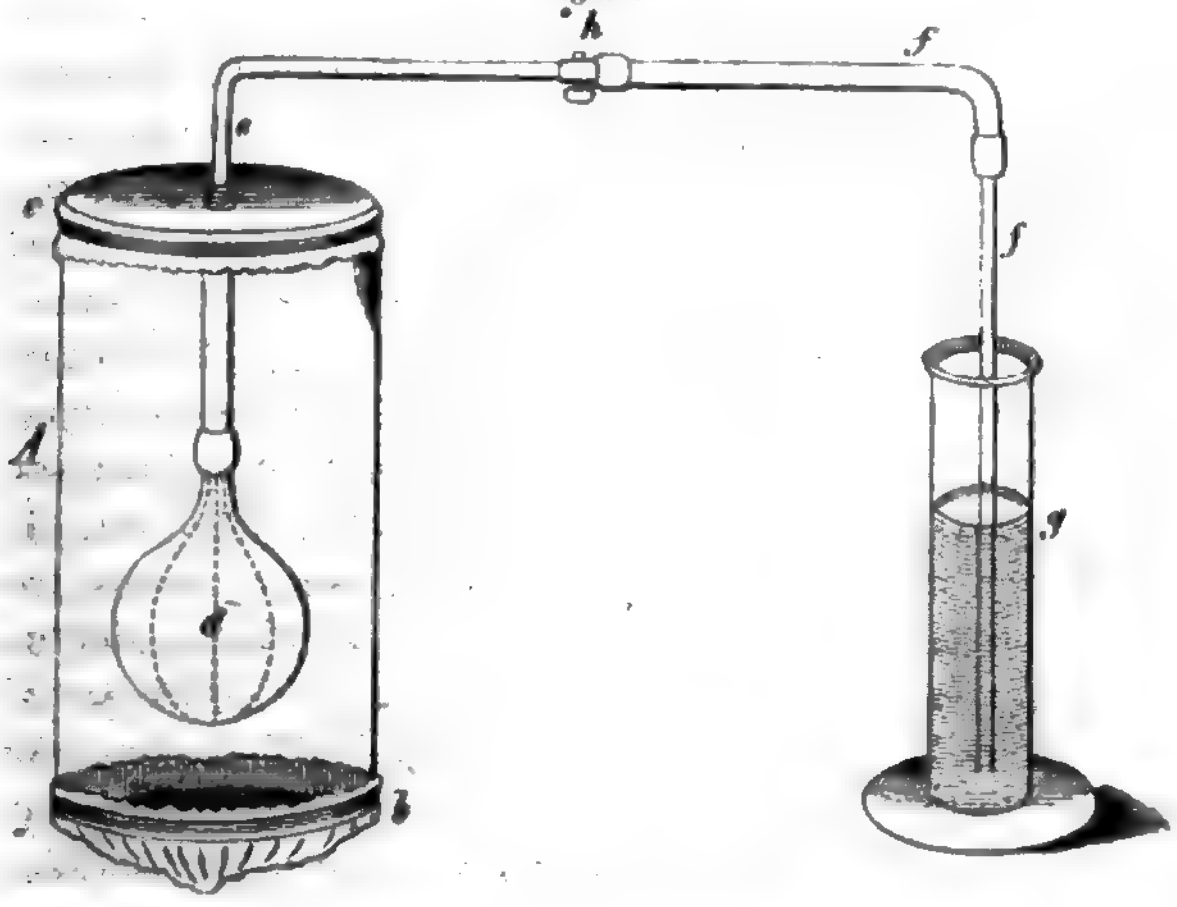
1) Erscheinungen der respiratorischen Bewegungen. 6—61.

Allgemeines 6—10.

6. Die Inspiration entsteht dadurch, dass die luftdicht verschlossene Brusthöhle ausgedehnt und die Exspiration dadurch, dass die ausgedehnte Brusthöhle wieder verengt wird.

Man verschliesse einen oben und unten offenen Glascylinder (Fig. 9 *A*) luftdicht, sowohl unten bei *b* durch eine Kautschukmembran, An einem Apparate erläutert.

Figur 9.



welche durch eine einfache Vorrichtung herabgezogen werden kann, als oben bei *c* durch einen Ueberzug von Guttapercha-Leder. Durch diese Decke geht ein elastisches Rohr *e*, welches in dem Gummibeutel *d* endigt. Dieser hängt im Cylinder. Das Rohr *e* communicirt mit einer gebogenen Glasröhre *f*, welche in dem mit gefärbtem

Digitized by Google

Wasser gefüllten Cylinder *g* steht. Sobald an *b* gezogen wird, steigt das Wasser in der Röhre *f* in die Höhe und die Guttapercha-Platte *c* flacht sich ab. Beide Erscheinungen entstehen durch den äussern Luftdruck.

Indem die Luft im Cylinder *A* in dem grösser gewordenen Raume expandirt wird, nimmt der Druck der in *d* befindlichen dichteren Luft relativ zu, dehnt den Beutel aus, so lange bis die Luft in *d, e, f* gleiche Dichtigkeit mit der im Glascylinder hat; also auch eine geringere als die atmosphärische Luft, welche mithin auf die Wasserfläche in *g* drückt und das Wasser zum Steigen bringt. Ebenso wirkt die äussere Luft auf den nachgiebigen Ueberzug *c*. — Wird die Glasröhre *f* aus dem Wasser herausgenommen und *b* abwärts gezogen, so strömt, während der Gummibeutel sich ausdehnt und die Luft in demselben sich verdünnt, die äussere dichtere Luft augenblicklich solange ein, bis das Gleichgewicht hergestellt, d. h. die Luft in *d e f* gleich dicht, wie die atmosphärische ist.

Drückt man mit einiger Stärke den Boden *b* in den Cylinder hinein, so verdichtet sich in demselben die Luft, und der Gummibeutel sinkt zusammen. Auf seiner äussern Fläche ist nämlich dadurch die Luft dichter geworden, als die Atmosphäre, welche auf seiner innern Fläche sich befindet.

Verschiedenheit der Zustände elastischer Körper.

7. Der Gummibeutel kann, wie wir sehen, drei Formen annehmen, und er theilt diese Eigenschaft mit allen elastischen Körpern, wozu auch die Lungen gehören. Wenn die elastischen Körper weder gespannt noch zusammengedrückt werden, so sind sie in ihrem natürlichen Zustande. Sie können aber ausserdem eben vermöge ihrer Elasticität zusammengedrückt und ausgedehnt werden. Im einen wie im andern Falle haben sie das Bestreben, ihren natürlichen Durchmesser wieder einzunehmen. Man nennt dieses Bestreben die Spannung, welche also vorhanden ist, wenn ein elastischer Körper über seinen natürlichen Zustand zusammengedrückt oder auch gedehnt ist. Die Lungen sind in ihrem natürlichen Elasticitätszustande, wenn sie frei aufgehängt sind und wenn auf ihre innere und äussere Fläche nichts anderes als der gleiche atmosphärische Druck einwirkt. Werden sie aber aufgeblasen, so dehnen sie sich aus und haben das Bestreben, auf ihren frühern Umfang zurückzukehren; ebenso, wenn sie zusammengedrückt werden. So lange die Lungen in der unverletzten Brusthöhle befindlich sind, sind sie nicht in ihrem natürlichen Elasticitätszustande; sie sind vielmehr ausgedehnter. Dies rührt daher, dass nur ihre innere Fläche dem Drucke der atmosphärischen Luft ausgesetzt ist, während die äussere Lungenfläche luftdicht an der innern Brustwand anliegt, und daher den Druck der Atmosphäre nicht erfahren kann. Wie also durch Erweiterung des Cylinderraumes (Fig. 9 *A*) der

Digitized by Google

Gummibeutel *d* sich ausdehnt, und immer mehr sich ausdehnt, je mehr man durch Anziehen von *b* die Luft verdünnt, so würde er die grösste Ausdehnung erhalten, wenn gar keine Luft mehr zwischen Gummibeutel und Cylinderwand wäre. So ist es aber bei den überall luftdicht anliegenden Lungen.

Wirkung einer Oeffnung in die Brusthöhle.

8. Sobald im Leben oder nach dem Tode Luft durch eine Öffnung in die Brusthöhle gelangen kann, so fallen sogleich die Lungen zusammen. Man sieht dies, wenn man bei Thieren oder bei Leichen, deren Brustorgane im normalen Zustande sich befinden, die Haut und die darunterliegenden Theile bis zur pleura wegnimmt, ohne diese zu verletzen. Man erblickt durch diese durchsichtige Haut hindurch die Lungen, welche dicht anliegen. Schneidet man nun ein, so ist die Lunge an ihrer innern und äussern Fläche von einer gleichdichten Luft umgeben, der auf sie ausgeübte Druck hält sich von beiden Seiten das Gleichgewicht. Die Lunge, welche bisher mehr ausgedehnt war, als zu ihrem natürlichen Elasticitätszustande gehörte, wird auf diesen zurückgeführt, d. h. sie verengt sich vermöge ihrer Elasticität zu ihrem natürlichen Volumen, und das plus von Luft, welches in ihr enthalten war, entweicht aus der Nase oder dem Munde, oder auch aus einer künstlichen Öffnung, welche man in die Luftröhre gemacht hat. — Bindet man in die Luftröhre eines Thieres nach dem Tode oder einer menschlichen Leiche eine dreifach gebogene, mit Scala versehene Glasröhre ein, in welcher Wasser oder Quecksilber enthalten ist, und öffnet dann die Brusthöhle, so dringt der Ueberschuss von Luft aus den Lungen in die Röhre und drängt das Wasser oder Quecksilber von der Stelle. Carson [1]) sah bei Kälbern, Schafen und grossen Hunden die Wassersäule 1—1½′, bei Kaninchen und Katzen 6—10″ steigen; Donders [2]) bei menschlichen Leichen die Quecksilbersäule 2—6^{mm}, und wenn die Lungen vorher aufgeblasen waren, selbst bis 30^{mm}.

Die Lungen folgen den Bewegungen der Thoraxwandungen.

9. Dadurch, dass die Lungen überall an der innern Fläche des Brustraums luftdicht anliegen, folgen dieselben genau den Bewegungen des Brustkastens. Wenn man daher diesen irgendwie erweitert, so werden auch die Lungen mit ausgedehnt, wozu sie vermöge ihres Baues in hohem Grade befähigt sind. Die untere Fläche der Lungen, basis pulmorum, ruht in einer Breite von etwa 5″ (bei dem männlichen Geschlechte) luftdicht auf der obern Fläche des Zwerchfells. Wird das Zwerchfell herabgezogen, so wird, da zwischen Zwerchfell

1) Carson, Phil. Transact. 1829, I, 42.

2) Donders in Henle und Pfeufer's Zeitschr. f. rat. Med. N. F. B. III, 1853, p. 287; vgl. auch Hutchinson in Todd cycl. Thorax, p. 1058, und Harless in Wunderlich's Archiv XIII, 15.

Digitized by Google

und Lunge kein leerer Raum entstehen kann, die bereits in den Lungen befindliche Luft vermöge ihrer Expansionskraft sich ausdehnen, und die Lungen bleiben dicht an dem Zwerchfell anliegen. Die Luft ist also in ihnen verdünnt und desshalb strömt augenblicklich die äussere dichtere Luft durch Mund oder Nase zu, bis das Gleichgewicht hergestellt ist.

Mechanismus des Athmens bei todten Thieren darstellbar.

10. Die Beobachtung mit der verdünnten Luft macht man leicht an todten Thieren. Man öffne die Bauchhöhle, stecke in ein Nasenloch eine gebogene Glasröhre, welche in Wasser taucht, und halte das andere Nasenloch und die Mundöffnung vollständig zu. Sobald man das Zwerchfell herabzieht, was am besten dadurch geschieht, dass man die Leber fasst, die durch Bänder mit dem Zwerchfelle verbunden ist, steigt das Wasser in der Röhre aufwärts; ganz so wie in der Röhre *f*, Fig. 9; lässt der Zug nach, so sinkt das Wasser wieder.

Wird in diesem Versuche der Luft freier Eintritt in die Nase oder den Mund gestattet, so tritt dieselbe nach Massgabe, als das Zwerchfell schwächer oder stärker herabgezogen wird, ein. In diesem Falle wird die Dichtigkeit der Lungenluft derjenigen der äussern Atmosphäre augenblicklich gleich.

Athemmechanismus im Leben.

a) Durch die Muskeln zu Stande gebracht. 14—35.

β) Inspiration. 14—34.

11. Während des Lebens wird das Einathmen dadurch bewirkt, dass 1) der untere, convexe Boden der Brusthöhle flach wird — vermittelst des Zwerchfells, 2) dass der vordere seitliche und hintere Raum des Thorax sich vergrössert — durch die m. intercostales, levatores costarum, pectoralis major et minor, serratus anticus major, serratus posticus superior, subclavius, sternocleidomastoideus, 3) dass zugleich die Höhe des Thorax zunimmt durch die m. scaleni. Unterstützt wird das Einathmen durch Streckung der Wirbelsäule.

β) Exspiration. 35.

12. Das Ausathmen kommt dadurch zu Stande, dass 1) die Einathmungsmuskeln an ihren frühern Platz zurückkehren, wodurch die Brusthöhle wieder enger werden muss, 2) dass der Boden der Brusthöhle weiter hinaufgedrängt wird — durch die Bauchmuskeln, dass die obern Rippenbogen flacher werden — durch den m. triangularis sterni, dass endlich die untersten Rippen in der Richtung gegen das Darmbein gezogen werden — durch den quadratus lumborum und den obern schiefen Bauchmuskel.

b) Durch die Athemorgane selbst. 36—61.

13. Ausser der Erweiterung und Verengerung des Thorax werden Inspiration und Exspiration sehr bedeutend dadurch unterstützt, dass in den Räumen, welche zum Luftdurchgange dienen, Vorrichtungen zur Erweiterung und Verengerung derselben, sowie zur Förderung der Strömung angebracht sind.

Digitized by Google

a) Muskeln zur Verengerung und Erweiterung des Thorax.

a) Zwerchfell. 14—23.

14. Die Thätigkeit des Zwerchfells wird am Besten an lebendigen, vollkommen ätherisirten Thieren von der Bauchhöhle aus oder gleich nach dem Tode durch Reizung eines oder beider Zwerchfellnerven beobachtet. Man sieht dann z. B. bei Kaninchen, wie sowohl die an die (sechs untern) Rippen und an das Brustbein angewachsene pars sternocostalis, als auch der Lendentheil sich zusammenziehen. Im ruhigen Zustande und nach dem Tode bildet das Zwerchfell eine Kuppel, deren convexer Theil nach oben gegen die Brusthöhle und deren concaver Theil nach der Bauchhöhle hin gerichtet ist. In der Mitte des Muskels ist das kleeblattartige, sehnige Centrum, welches, selbst nicht contractil, von den fleischigen Theilen herabgezogen wird, wenn diese sich verkürzen. In diesem centrum tendineum ist der höchste Punkt des Zwerchfells entsprechend dem obern Rande des Mitteltheils der letzten wahren Rippe. Dasselbe wird durch den mit ihm verwachsenen Herzbeutel nach oben hin gewissermassen festgehalten. Im höchsten Grade der Contraction sinkt es tief herab, so dass es fast in gleichem Niveau mit der letztern Rippe steht.

15. Durch die Zusammenziehung des muskulösen Theils des Zwerchfells kann sowohl das centrum tendineum den Rippen genähert, als diese nach innen gezogen werden. Letztere Wirkung würde zur Verengerung der Brusthöhle beitragen, also die beabsichtigte Erweiterung etwas beeinträchtigen. Damit das Einziehen der Rippen wenig oder gar nicht erfolge, müssen dieselben einen Widerstand erleiden. Dieser ist begründet 1) durch die Ausdehnung der Lungen, welche während des Einathmens mit Luft sich füllen und gegen die Rippen drücken, 2) durch die Baucheingeweide, 3) durch die Erhebung der Rippen vermittelst der Intercostalmuskeln.

16. Die Bewegung des Zwerchfells wird stärker, wenn man dem Thiere Mund und Nase zuhält, und es ziehen sich dabei die Rippen zugleich mehr nach innen.

17. Auch wenn die Bauchhöhle geöffnet ist, ziehen sich die Rippen mehr einwärts [1]), weil die Baucheingeweide die Rippen nicht mehr nach Aussen drücken können.

18. Ferner bemerkt man, dass wenn auf der einen Seite der Zwerchfellnerve durchschnitten worden ist, auf der unversehrten Seite gleichfalls die Rippen nach innen gezogen werden. Dies erfolgt deshalb, weil beide Seiten des Zwerchfells gewissermassen sich die Waage halten und die Bewegung der einen Seite zunimmt, wenn die der andern abnimmt.

---

1) Duchenne in l'Union méd. 1853, p. 101.

Digitized by Google

Durchschneidung des n. phrenicus.

19. Die Durchschneidung eines n. phrenicus bietet überhaupt Gelegenheit zu interessanten Beobachtungen dar. Um sie auszuführen verfährt man auf folgende Weise. Man lege am Halse den äussern Rand des m. sternocleidomastoideus bei einem wohl ätherisirten Kaninchen bis zu seinem untern Ansatze bloss, unterbinde vena jugularis externa und anonyma, lasse den Muskel nach innen mit einem stumpfen Haken halten, wobei der Nerv auf dem vordern m. scalenus zu sehen ist. Er ist hier sehr dünn. Der n. phrenicus entspringt nämlich bei Kaninchen constant an zwei Stellen. Der obere schwächere Zweig kommt aus dem dritten oder dritten und vierten, der untere, stärkste Zweig aus dem sechsten oder aus dem fünften und sechsten der Cervicalnerven hervor (bei dem Menschen kann zwar der Verlauf ähnlich sein, doch ist dies nicht constant, indem gewöhnlich der vierte und der dritte Cervicalnerv. viel seltener mit schwachen Fäden der fünfte und sechste Cervicalnerv an der Bildung des Nerven participiren). Man löst seine Verbindungen mit den Cervicalnerven, ohne diese zu zerren, und schneidet ihn so tief als möglich auf einem untergelegten Glasstäbchen durch.

20. Man kann dann auf der Stelle sehen, ob die Durchschneidung vollständig ist, indem man beide Hände so unter die letzten falschen Rippen durch die Bauchdecken hindurch krämpt, dass das Thier auf den Fingern allein liegt. Man überzeugt sich sogleich, dass das Zwerchfell an der nicht operirten Seite gegen die Fingerspitzen anstösst, während man auf der andern Seite nichts von diesem Andrängen fühlt. — Hat man vor der Operation das Thier in gleicher Weise untersucht, so wird man nicht verkennen, dass in Folge der Durchschneidung die Bewegung auf der gesunden Seite vermehrt ist. Es ist wahrscheinlich, dass bei Kranken, bei denen durch eine Geschwulst im Unterleibe die Bewegung einer Zwerchfellseite gehindert ist, auf der andern eine intensivere Contraction erfolgen wird. — Besonders deutlich überzeugt man sich von dem Gegensatze auf beiden Seiten, wenn man bei Thieren von der Bauchhöhle aus das Zwerchfell beobachtet und eine Vergleichung vor und nach der Durchschneidung eines n. phrenicus anstellt.

21. In Folge des Herabsteigens des Zwerchfells schieben sich die Baucheingeweide vor demselben her und weichen nach unten und vorn aus. Hierdurch hebt sich jedesmal beim Einathmen der Bauch in geradem Verhältnisse zur Contraction des Zwerchfells. Wenn man in die Luftröhre einer menschlichen Leiche Luft einbläst, so wird der Brustkasten in der Gegend der sechs untern Rippen weiter und höher und der Bauch wölbt sich hervor. In diesem Falle wird das Zwerchfell passiv von dem Luftdrucke bewegt. — Wenn man bald nach dem Tode die n. phrenici galvanisirt, so senkt sich die

Digitized by Google

entsprechende Zwerchfellhälfte herab, wie beim Athmen, und die Baucheingeweide werden abwärts und vorwärts gedrängt. Ich habe noch $^1/_2$ Stunde nach der Hinrichtung bei einem Enthaupteten diese Bewegungen beobachtet, wenn ich den n. phrenicus reizte. — Bei jungen Thieren sah ich sogar mitunter vollständige Zwerchfellsathmungen nach dem Tode, wenn ich die phrenici mit den Fingern drückte. — Überhaupt gehört das Zwerchfell zu den reizbarsten Muskeln am Körper.

22. Nachdem das Zwerchfell seinen tiefsten Stand erreicht hat, geht es wieder in die Höhe, zu seiner Ruhelage zurück; es erschlafft. Die Ursachen seiner Erschlaffung sind: 1) Die Elasticität seiner Muskelfasern. Während der Contraction verkürzen sich vermöge ihrer lebendigen Kraft die Muskeln; da aber dieselben sehr elastisch sind, so suchen sie, wie alle elastischen Körper, sich wieder zu ihrem vorigen Durchmesser auszudehnen. Je stärker die Contraction, desto grösser dieses Bestreben. Es wird daher eine Zeit kommen, wo die eine Kraft von der andern aufgewogen wird. 2) Die Ermüdung. Während jeder Contraction findet Verbrauch Statt, dieser Mangel bedingt ein Nachlassen der contrahirenden Thätigkeit. Jeder Muskel bedarf daher der Ruhe. 3) Die Elasticität der Lungen. Je mehr diese ausgedehnt werden, desto stärker wird ihr Bestreben enger zu werden, und indem sie sich zusammenziehen, muss das Zwerchfell folgen.

23. Während der Zeit, dass das Zwerchfell von seinem tiefsten Stande zu seinem höchsten zurückkehrt, dauert das Ausathmen, exspiratio.

24. Die m. intercostales externi sind von den interni dadurch unterschieden, dass jene in der Richtung von den Wirbeln gegen das Brustbein, diese hingegen in der Richtung von dem Brustbein gegen die Wirbel hin verlaufen; dass jene in Verbindung stehen mit den levatores costarum, ja eigentlich Fortsetzungen derselben sind, dass sie schon an den tubercula costarum beginnen, aber nur bis an die Spitze der Rippenknochen reichen, — diese hingegen nach Vorn an das Brustbein stossen und hinten nur die Gegend des Rippenwinkels erreichen. — Die Ansatzpunkte am vordern Ende nähern sich von oben nach unten, d. h. von der ersten bis zur zwölften Rippe bei den externi immer mehr den Rippenknorpeln. — Da aber der Anfang der Rippenknorpel in stets zunehmender Entfernung von der Mittellinie des Körpers sich findet, so liegt beispielsweise der Ansatzpunkt des vorletzten (zehnten) musculus intercostalis externus nicht näher dieser Mittellinie als der des ersten. — Die obern interni stossen ans Brustbein, die untern reichen nur an die Spitzen der Rippenknorpel. — Die externi sind sehniger und dicker, als die interni. 3) m. intercostales.

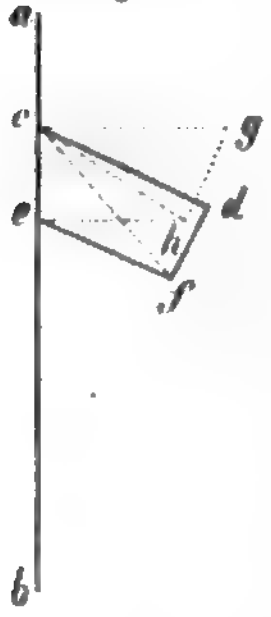
25. Wenn man nach dem Tode eines Menschen, wie ich dies bei

Digitized by Google

einem Enthaupteten geprüft habe, ein Rippenstück herausschneidet und in ein spatium intercostale die Electroden eines galvanischen Apparates ansetzt, so nähern sich die beiden Rippen, die obere wird abwärts, die untere nach oben gezogen.

26. In welcher Weise die musculi intercostales im lebendigen Körper wirken, ist ein Gegenstand vielfacher Untersuchung gewesen. [1]) Alle Forscher sind darin einverstanden, dass die m. externi blos bei dem Einathmen wirksam sind, ebenso auch diejenigen interni, welche zwischen den Rippenknorpeln liegen und von Einigen intercartilaginei genannt werden. Hingegen glaubten einige Beobachter, nämlich Hamberger, Hutchinson, Ludwig und Donders, aus folgenden Gründen den m. interni Exspirationsthätigkeit zuschreiben zu müssen: 1) da die Fasern derselben an ihrem untern Ende wegen ihrer schiefen Richtung näher den Wirbeln liegen, als an ihrem obern, und der feste Punkt (Hypomochlion) die Wirbel seien, so müsse die vom Hypomochlion entferntere Stelle eine grössere Last tragen können, als die näher liegende; und dadurch die obere Rippe herabgezogen werden — wie dies bei der Exspiration der Fall ist. Es wurde bei dieser Deduction nicht berücksichtigt, dass die Beweglichkeit der Rippen von oben nach unten zunimmt und dass die oberste nur an ihrer hintern Hälfte beweglich ist. 2) Wenn die Rippen sich heben, so müssen vermöge ihrer Lage die interni sich verlängern, wie aus Fig. 10 hervorgeht. *a b* sei die Wirbelsäule, *c d* und *e f* zwei Rippen in ihrer Ruhelage, *c g* und *e d* dieselben, wenn sie gehoben sind, *d f* und *g h* zwei Fasern der intercostales interni, in der gesenkten und gehobenen Stellung der Rippen. Es zeigt schon der Augenschein, dass *g h* länger ist, als *d f*. Man braucht auch nur die Linie *c h* und *c f* zu ziehen. Der Winkel *h c g* ist grösser als Winkel *f c d*, daher auch die Seite *g h* grösser als *d f*.

Figur 10.



27. Man schloss nun also: Da ein Muskel bei der Thätigkeit sich

1) Man vgl. Halleri opusc. anat. Gott. 1752; op. min. Laus. 1762, p. 269; Hamberger, physiol. med., p. 142; Sibson, Phil. Transact. 1846, p. 501; Hutchinson in Todd cycl. of an. and phys.: Respiration; Beau u. Maissiat, Arch. gen. 1842 fg.; Debrou, Gaz. med. 1843, p. 344; Traube, Beitr. zur exp. Path. Berl. 1846. 2. Heft; Donders, Physiol. B. I, p. 405; Ludwig, Phys. II, 308; Helmholtz in Verh. des naturf. Vereins in Bonn, 1856, LXX; Budge in Archiv f. phys. Heilk. 1857, p. 63; Meissner in Jahresber. 1857, p. 505; Henle, Anat. 1858, Muskellehre, p. 96; Arnold, Phys. Anstalt der Univ. Heidelberg 1858, p. 146; Ziemssen in Deutsche Klinik 1858, No. 16.

Digitized by Google

verkürze, so könne er sich nicht verlängern. Wenn er sich aber nachgewiesener Massen verlängere, so könne er nicht thätig sein. Dieser Schluss ist jedoch nicht richtig. Auf einen Muskel können nämlich zwei Kräfte wirken, von denen die eine ihn ausdehnt, die andere ihn verkürzt. Diejenige Kraft kommt aber ganz oder theilweise zur Erscheinung, welche das Übergewicht hat. — Also können wohl durch die Bewegung der intercostales interni die Rippen gehoben werden, obwohl die dabei stattfindende Verlängerung der Muskeln die Verkürzung, welche unter andern Verhältnissen grösser sein würde, verringert.

28. Vor allen Dingen kommt es, wie mir scheint, darauf an, durch directe Versuche [1]) zu bestimmen, ob die m. intercostales interni nach Wegnahme der externi die Rippen heben oder nicht. Meine Beobachtungen (No. 30) haben diese Frage entschieden bejaht, wie die früheren von Haller und die neuesten von Arnold und Ziemssen. — Die erste Rippe ist an ihrem vordern (Brustbein-) Ende straff mit dem Brustbeine verwachsen, an ihrem hintern Ende hingegen beweglich, ja sogar beweglicher als die folgenden neun, was von den bekannten Gelenkverbindungen herrührt. Wenn man an einer frischen Leiche eines jungen Individuum (ich habe den Thorax eines 26jährigen Erhängten vor mir) die erste Rippe gegen die zweite hin zu bewegen sucht, so findet sich ein sehr beträchtlicher Widerstand, je mehr man dem vordern Rippenende sich nähert. Aber auch soweit die m. intercostales interni sich ansetzen, ist die abwärts gehende Bewegung nicht leicht zu bewerkstelligen. — Legt man einen Finger an den obern Rand der ersten und einen andern an den untern Rand der zweiten Rippe, gleichviel an welcher Stelle, so wird man jedesmal die zweite nach oben und niemals bei gleich angewandtem Drucke jene abwärts ziehen. Hieraus folgt, dass die dritte Rippe nicht zur vierten, sondern zur zweiten gezogen wird, und so fort bis zur letzten.

29. Ich habe ferner an einem menschlichen Thorax, an welchem von Weichtheilen nur die Bänder geblieben waren, Stifte in die Rippen geschlagen und Gummibändchen, an welche kleine Ringe befestigt sind, in der Richtung eingehängt, wie die m. intercostales interni liegen. Ich habe nicht anders gesehen, als dass die untern Rippen an die obern, nicht aber umgekehrt gezogen werden.

30. Bei Versuchen, welche ich an Thieren anstellte, habe ich nach Durchschneidung der externi eine vollständige Hebung der Rip-

---

1) Es ist dieser Fall ein eklatantes Beispiel, dass man in der Physiologie stets von den Beobachtungen ausgehen muss und niemals glauben darf, durch physikalisch-mathematische Deduction eine Thatsache constatiren zu können, ohne in Irrthümer zu verfallen.

Digitized by Google

pen mit Contraction der interni gesehen, so dass darüber kein Zweifel obwalten kann. Da nach Wegnahme der intercostales externi nur noch eine dünne Muskelschicht die äussere Luft von der innern Thoraxwandung in den Intercostalräumen trennt, so werden die interni durch den äussern Luftdruck, namentlich bei kleinen Thieren und ganz besonders bei zugehaltenen Mund- und Nasenöffnungen, stark nach innen gedrückt.

Verschiedene Wirkung der m. intercostales externi und interni.

31. Den hauptsächlichen festen Punkt, gegen welchen die Wirkung der m. intercostales interni schliesslich gerichtet ist, bietet das vordere Ende der obersten Rippe und also auch das damit verwachsene Brustbein dar. Wenn nun diese Muskeln sich zusammenziehen, so wird der ganze Brustkorb in der Art erweitert, dass der Raum von der Wirbelsäule und den hintern Rippenanfängen einerseits und dem Brustbeine andererseits vergrössert wird. Die externi hingegen ziehen die Rippen gegen die Wirbel hin, wobei die knorplichen Rippenenden sehr zu Statten kommen, deren mit seiner Convexität nach unten gerichteter Bogen sich mehr oder weniger ausgleicht. Auch die Elasticität und Torsion der Rippenknochen selbst, worauf Haller [1]) und neuerlich wieder Helmholtz aufmerksam machte, unterstützen diese Wirkung. Dadurch wird die Brust hauptsächlich seitlich erweitert.

γ) m. scaleni u. levatores costarum.

32. Die musculi scaleni anterior et medius, welche ihre Ansatzpunkte an der hintern Hälfte der ersten Rippe, und der posticus an der zweiten Rippe haben, ziehen diese Rippen, ähnlich wie die levatores costarum, gegen die Wirbel hin; an deren Querfortsätzen sie entspringen.

δ) Andere Inspirationsmuskeln.

33. Die Erweiterung der Brust nach Vorn kann ferner unterstützt werden: durch den m. subclavius, welcher die erste Rippe an das Schlüsselbein anzuziehen vermag, wenn das letztere (durch den m. cucullaris und sternocleidomastoideus) festgehalten wird; durch den m. pectoralis minor, wenn das Schulterblatt, und durch den pectoralis major, wenn der Arm feststeht; durch den m. sternocleidomastoideus, der Schlüsselbein und Brustbein in die Höhe zieht. Die seitliche Erweiterung erzeugt besonders der durch den m. serratus anticus major bewirkte Zug an den neun obersten Rippen, welche er dem Schulterblatte nähert. Da jedoch dieser Muskel ebenso sehr das Schulterblatt gegen die Rippen anziehen kann, als umgekehrt, und durch jene Bewegung der Zweck der Brusterweiterung nicht erreicht wird, so muss zum Behufe der Inspiration das Schulterblatt festgehalten und aufgehoben werden, was an drei Punkten geschieht, dem Hinterhaupte (cucullaris), den Dornfortsätzen der Hals- und

---

1) Haller, El. phys. VIII, 21.

Digitized by Google

Brustwirbel (cucullaris, rhomboidei), den Querfortsätzen der Halswirbel (levator anguli scapulae). Bei Versuchen an Thieren sahen Beau und Maissiat keine Contraction des m. serratus magnus, weshalb sie diesen Muskel nicht zu den Athemmuskeln rechnen. Die Wirkung des m. sternocleidomastoideus bei der Inspiration scheint mir nicht genug hervorgehoben zu werden. Seine Contraction hebt das Brustbein beträchtlich und kann die Erweiterung des Thorax mächtig unterstützen.

Brust- und Bauchathmung.

34. Bei Kindern und dem weiblichen Geschlechte sind die Rippen viel biegsamer, als bei ältern Menschen und Männern. Deshalb können dort die Muskeln, welche sich an die Vorderfläche der Rippen ansetzen, wie die intercostales, serrati antericus et posticus superior, pectorales relativ stärker wirken, das Zwerchfell hingegen zieht sich minder intensiv zusammen. Daher erweitert sich die Brust mehr, während der Unterleib weniger stark hervortritt. Man nennt jenes, dem kindlichen und weiblichen Körper eigenthümlichere Athmen respiratio thoracica, dieses dem männlichen Körper mehr zukommende respiratio abdominalis.

Exspiration.

35. So lange die Bewegungen der Inspirationsmuskeln dauern, somit die Lungenluft verdünnt wird, dehnt sich die elastische Lunge aus. Zugleich wächst aber, wie bei allen elastischen Körpern, ihr Streben, sich zu verengern. Sobald nun keine Luft mehr eingeblasen wird, d. h. sobald die Inspirationsmuskeln erschlaffen, zieht sich die Lunge vermöge ihrer Elasticität zusammen. Die darin enthaltene Luft entweicht durch die Trachea. Diese Wirkung befördern wesentlich auch die Athemmuskeln, theils passiv, theils activ. Die ziemlich feste Vorder-, Seiten- und Rückwand des Thorax gewinnen ihre alte Lage wieder und verengen daher den Brustraum, somit auch die Lungen, deren Zusammenziehung sie befördern. Das Zwerchfell, welches in die Brusthöhle wieder heraufsteigt, würde von der comprimirten Lungenluft wieder abwärts gedrängt werden, wenn nicht der Widerstand des mit Koth gefüllten colon, sowie auch der Darmgase dies verhüteten. Man sieht hieraus den Nutzen des sehr langen colon bei Säugethieren, welches bei andern Wirbelthieren fast durchgehends ganz kurz ist. — Neben dieser passiven Bewegung wird das Ausathmen auch activ durch Muskelcontraction befördert. Der Brustraum wird verkleinert, indem die Bauchhöhle sich durch Contraction der Bauchmuskeln, obliquus externus et internus, transversus, rectus, pyramidalis verengt, die Rippen nach Abwärts durch die m. obliquus externus, quadratus lumborum, und nach Unten und Hinten durch den m. triangularis sterni gezogen werden. Durch die verschiedenen Hauptrichtungen der Fasern der übereinander liegenden Bauchmuskeln (des obliquus externus von Oben und Aussen nach Unten

Digitized by Google

und Innen, des obliquus internus von Unten und Aussen nach Oben und Innen, des transversus von Hinten nach Vorn, des rectus von Oben nach Unten) wird ein gleichmässiger Druck auf die Eingeweide und dadurch auf das Zwerchfell möglich.

b) Vorrichtungen in den Respirationsorganen selbst zur Beförderung der Luftströmung.

α) Mund- u. Nasenöffnung.

36. Während des ruhigen Ein- und Ausathmens bemerkt man bei sehr vielen Menschen gar keine Bewegung der Mund- und Nasenöffnung. Bei angestrengtem Athmen hingegen gehen beim Einathmen die Nasenflügel nach Aussen (m. levator labii superioris alaque nasi) und ebenso die Mundwinkel nach Aussen (m. buccinator), nach Oben (m. levator anguli oris) und nach Unten (m. depressor anguli oris); und beim Ausathmen werden die Nasenflügel durch die m. depressor alae nasi und septi mobilis herabgezogen.

37. Neben dieser activen Bewegung der Nasenlöcher können dieselben auch passiv durch den äussern Luftdruck während des Einathmens nach Innen gedrückt werden. In der Regel wird dieses durch die Steifheit der Nasenknorpel verhütet; es giebt aber mitunter Menschen, bei welchen diese Knorpel so dünn und wenig resistent sind, dass sie dem äussern Luftdrucke nicht widerstehen können. — Auch wenn eines oder beide Nasenlöcher verstopft werden und die durch das Einathmen verdünnte Luft in der Nase von der äussern, dichtern abgesperrt ist, drückt diese sichtbar und fühlbar die Nasenöffnungen zusammen und verengt sie.

Das Gesichtsathmen kann man sehr gut bei Thieren beobachten; namentlich auch die Mundbewegungen an den Barthaaren.

β) Mund- u. Rachenhöhle.

38. Bei tiefem Einathmen wird die Zunge etwas zurückgezogen und liegt mehr auf dem Boden der Mundhöhle, (m. hyoglossus) und der weiche Gaumen wird etwas aufgerichtet (m. levator veli palatini).

γ) Zungenbein und Kehlkopf.

39. Das Zungenbein und der Kehlkopf rücken bei jeder Inspiration etwas abwärts gegen das Brustbein (m. sternohyoideus und sternothyreoideus). Die beiden Stimmritzenbänder öffnen sich stärker während der Inspiration und nähern sich bei der Exspiration. So zeigt es die Beobachtung bei Thieren, denen man durch Einschnitt in das lig. hyothyreoideum in den Kehlkopf blicken kann. — Nach den an Menschen mit dem Kehlkopfspiegel angestellten Versuchen von Czermak[1]) bleibt die Stimmritze während des ruhigen Athmens weit geöffnet, bei angestrengtem Athmen hingegen nähern sie sich in geringerm Grade bei jeder Ausathmung und entfernen sich möglichst weit voneinander während der Einathmung.

---

1) Czermak in Sitzbr. d. Wien. Ak. 1858, p. 557.

Digitized by Google

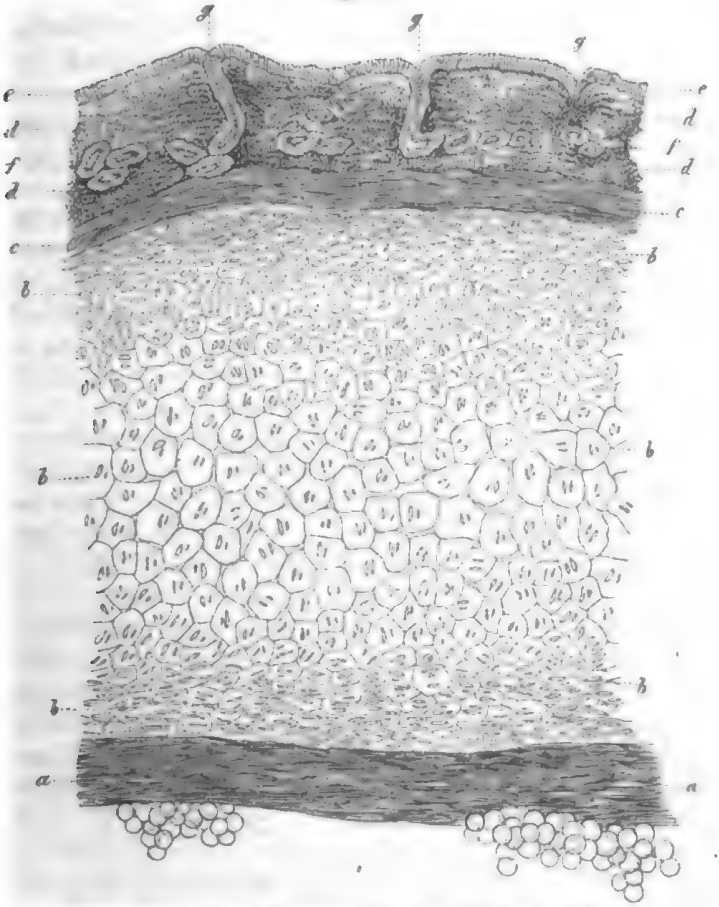
δ) Luftröhre u. Lungen.

40. Die Luftröhre und Lungen sind nicht nur für die Respiration wichtig, weil sie 1) die Behälter für die Luft ausmachen, sondern sie können auch 2) sich verengern und erweitern, 3) durch das über einen grossen Theil ihrer Innenfläche ausgebreitete Flimmerepithel die Luftströmung unterstützen, 4) sind sie schleimabsondernde Organe und 5) wird durch die Lungennerven zu einem gewissen Theile die Regelmässigkeit des Athmens geordnet.

Um dies zu verstehen, wird die anatomische Zusammensetzung der genannten Theile hier kurz angegeben.

41. Die Luftröhre ist $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$″ lang, ihr Durchmesser von

Figur 11.



Querdurchschnitt durch den vordern Theil der Luftröhre vom Hammel.
a äussere, fibröse Schicht; *b* Knorpellage. *c* Submucöse Schicht; *d* Schleimhaut; *e* Epithel derselben; *f* Drüsen; *g* Ausführungsgänge.

Rechts nach Links 9‴—1″, von Vorn nach Hinten 7‴—9‴ (Krause).[1]) Sie besteht aus drei trennbaren Schichten. Die äussere (Fig. 11 *a*) ist fibrös und enthält elastische und Bindegewebefasern; die mittlere ist am hintern Theile muskulös, am seitlichen und vordern besteht sie aus Knorpelzellen (Fig. 11 *b*), welche gegen die äussere und innere Schicht hin schmal und glatt sind, wie aus der Abbildung hervorgeht. Zwischen den Knorpelzellen, wie gleichfalls in der Abbildung zu ersehen, finden sich oft Räume, welche theils elastisches Gewebe, theils kleine Drüschen enthalten. In dem muskulösen Theile der Mittelschicht finden sich cylindrische Muskelfasern, welche hauptsächlich circulär, weniger longitudinal verlaufen und das Aussehen glatter Muskelfasern haben. S. im dritten Buche unter Muskeln. Die Schleimhaut zeigt eine submucöse Lage (Fig. 11 *c*), der die eigentliche Schleimhaut folgt, die hauptsächlich als Grundlage elastische und in geringerer Menge Bindegewebefasern hat (Fig. 11 *d*), ausserdem zahlreiche Drüsen (*f f*) mit Ausführungsgängen (*g g*) und auf ihrer Oberfläche einen aus mehreren Schichten bestehenden Epithelialüberzug (*e e*), welcher an der äussersten Lage Flimmerhaare trägt.

42. Die durch dieselbe entstehende flimmernde Bewegung ist stets, und zwar sowohl bei Säugethieren als bei Vögeln, gegen den Kehlkopf hin gerichtet. Es bestanden früher differente Ansichten, ob diese Richtung constant sei. Durch die im hiesigen physiologischen Institute von Ritter angestellten zahlreichen Beobachtungen sind die Angaben von Biermer vollkommen bestätigt worden.[2]) Man sieht Kohlenstaub, welchen man auf die Schleimhaut der aufgeschnittenen, mittelst kleiner Nägel auf ein Brett horizontal befestigten Luftröhre nach dem Tode eines Thieres gelegt hat, in bestimmter Richtung ganz deutlich fortrücken; die Linie, welche durch dieselben beschrieben wird, ist nicht immer gerade, sondern oft wellenförmig gekrümmt, stets aber von Unten nach Oben führend. Noch schöner und deutlicher bemerkt man das Phänomen an einem schmalen, scharf abgeschnittenen Schleimhautstreifchen unter dem Mikroskope. — Da diese Flimmerbewegung bis in die feinsten Bronchien sich erstreckt, so muss die Lungenluft beständig an den Wänden entlang nach Oben gepeitscht und die Ventilation mächtig unterstützt werden.

43. Die Luftröhre ist ausserordentlich elastisch und einer beträchtlichen Ausdehnung fähig. Sie wird beim Ausathmen mit dem

---

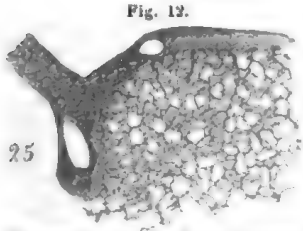
1) Krause, Anat., p. 596.

2) Vgl. Valentin u. Purkinje de phaenom. gen. motus vibrat. Vratislav. 1835. 4.; Sharpey in Todd Cycl. of Anat. and Phys. Cilia; Biermer in Würzb. Verhandl. I, 212; Ritter, Deutsche Klinik 1859, Nr. 8, und de motus vibratorii directione, Gryph. 1858.

Kehlkopfe nach Oben gezogen, dadurch länger und enger. Die Muskelfasern verkürzen ihren Querdurchmesser.

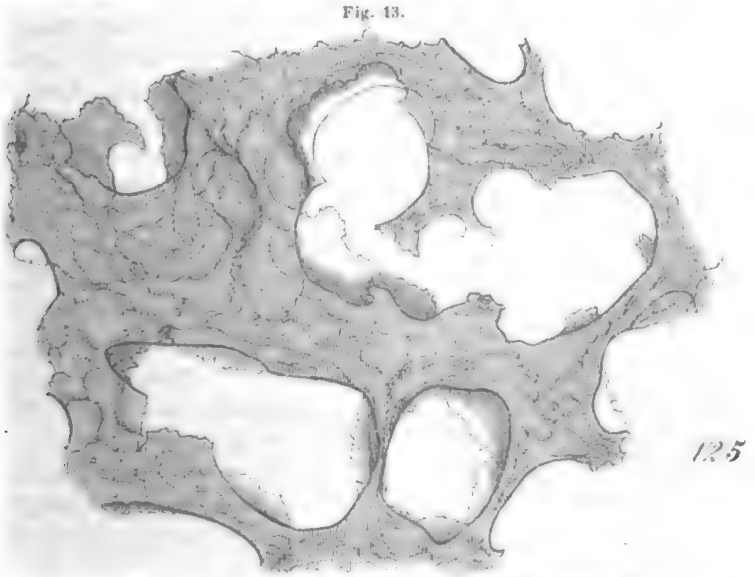
44. Die Lungen sind nicht mit Unrecht mit traubenförmigen Drüsen verglichen worden. Überhaupt giebt eine Traube keine üble Vorstellung von dem Bau der Lunge, wenn man sich die Träubchen dicht neben einander durch elastisches Gewebe verbunden denkt, und dieselben weder alle gleich gross, noch alle gleich regelmässig. Die Bronchien bilden die Stiele der mit Luft gefüllten Träubchen, diese selbst nennt man Lungenläppchen, oder infundibula ($^1/_4$—$^3/_4$‴). Inmitten dieser Bläschen sieht man Vorsprünge, durch welche das infundibulum in mehrere Abtheilungen zerfällt, welche alveoli Lungenbläschen ($^1/_6$—$^1/_{18}$‴) genannt werden. Dies wird aus Fig. 12 und 13 klar. Sehr häufig finden sich Communicationen zwischen zweien infundibula, indem ihre Wände resorbirt worden sind, wie Adriani mit Recht bemerkt. Zwischen den Wänden der infundibula liegt, wie gesagt, reichlich elastisches Gewebe (Fig. 15). Diesem verdankt zum grossen Theile die Lunge den hohen Grad von Elasticität. — Für

Fig. 12.



Ein feiner Querschnitt einer Hundelunge, 25 Mal vergrössert.

Fig. 13.

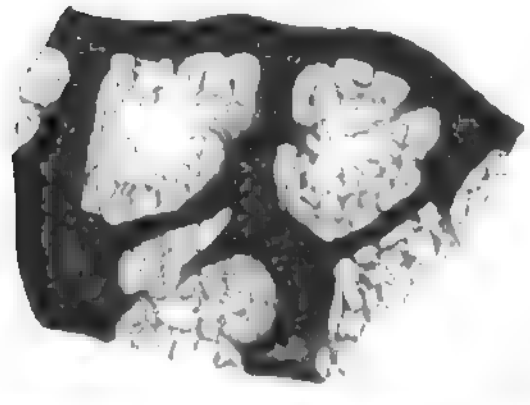


Ein feiner Querschnitt einer Hundelunge 125 Mal vergrössert.

das Studium des drüsenförmigen Baues der Lungen eignen sich vorzüglich gut Embryonen-Lungen, an denen man die Lungenläppchen,

die dichotomische Theilung der Bronchien und ihre endlichen Ausgänge in Drüsenbläschen erkennt. — Ferner kann man die letzten feinen, ganz durchsichtigen Lungenenden von jungen Thieren gebrauchen, s. Fig. 14. — Oder es werden die Lungen aufgeblasen und getrocknet, um dann feine Schnitte zu machen, s. Fig. 12 und 13. — Oder die Lungen werden ausgedrückt, um sie möglichst luftleer zu machen und dann rasch mit einer heissen Wachsmasse gefüllt. Ein solches Präparat lässt man faulen oder legt es in eine corrodirende Säure, z. B. Salpetersäure mit chlorsaurem Kali. Dann behält das zurückbleibende Wachs die Form der Lungen. Durch diese Präparationsart werden die infundibula oft sehr anschaulich.

Fig. 14.

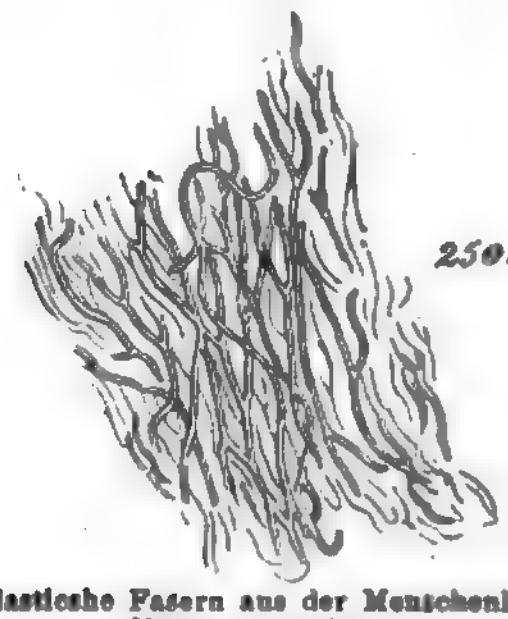


Infundibula aus dem äussersten Rande einer Kaninchenlunge mit den Vorsprüngen, alveoli, 80 Mal vergrössert; *a* durchscheinende Gefässe.

45. Auf der Innenfläche der infundibula findet sich ein pflasterförmiges Epithel, welches oft unvollständig, nicht selten gar nicht zu erkennen ist. Ein flimmerndes Epithel ist hier nicht vorhanden.

46. Obgleich man die infundibula als Endigungen und ununterbrochene Fortsetzungen der Bronchien betrachten kann, so zeigen sie sich doch von diesen verschieden, denn einmal haben die Bronchien bis zu ihren feinsten Endigungen Flimmerepithel, die infundibula nicht; zweitens ist von der Schleimhaut der Bronchien hier Nichts mehr übrig geblieben, als die bindegewebige elastische Membran ohne Schleimdrüsen, und endlich sind die Knorpel und die Muskelfasern, welche den Bronchien wie der trachea noch zukommen, nicht mehr anzutreffen. — Jedoch tritt die Verschiedenheit der Bronchien von den infundibula nicht plötzlich auf, vielmehr verdünnt sich die Schleimhaut immer mehr, die Knorpel werden unregelmässig und kleiner, nur die Muskelfasern scheinen sich weithin zu erstrecken. Die feineren Bronchien verlieren daher ihre Steifheit und sind ganz weich.

Fig. 15.



Elastische Lungenfasern.

Elastische Fasern aus der Menschenlunge, 250 Mal vergrössert.

47. An der Wandung der Lungenzellen laufen reichlich Capillargefässe, welche nach Adriani sich durch ihre Länge auszeichnen, so dass das Blut einen grösseren Weg durch die Capillaren machen muss, ehe es in die Venen gelangt.

48. In den Lungen ist so viel elastisches Gewebe, theils zwischen den infundibula, theils in den

Digitized by Google

Bronchien, dass, wenn man ein Stück Lunge an einer beliebigen Stelle zerfasert, man stets unter dem Mikroskope in einem solchen Präparate elastische Fasern findet, s. Fig. 15. Auch bei krankhafter Zerstörung einzelner Lungentheile finden sich solche Fasern im Auswurfe.

Menge der Lungenluft nach dem Tode.

49. Nach dem Tode enthalten die Lungen von Erwachsenen eine beträchtliche, jedoch äusserst verschiedene Menge von Luft. Allen und Pepys [1]) banden an die durchschnittene Luftröhre eines starken männlichen Leichnams eine Blase, in welche bei Öffnung der Brust die zusammengezogenen Lungen $31\frac{1}{2}$ C.-Zoll Luft ausstiessen; aus der Vergleichung ihrer specifischen Schwere, ihres absoluten Gewichts und der Menge Wasser, welche sie verdrängten, ergab sich, dass sie noch $59\frac{1}{2}$ C.-Z. Luft enthielten. Rechnet man die Luft im Kehlkopfe und Rachen zu 9 C.-Z. und bedenkt, dass durch die Ausdehnung der Luft in den Lungen während des Lebens das Volumen vergrössert wird, so kann man 108 C.-Z. = 1771,2 C.-Cent. als Ausdehnungsgrösse der Lungen in der Ruhe annehmen.

Goodwyn kam bei seinen Versuchen auf die Zahl 109, Ure, der die Luftpumpe anwandte, auf 105 C.-Z., also jenem Resultate ziemlich nahe [2]). Hutchinson [3]) schlägt sie an auf 1230 bis 1640 C.-C.

Menge der eingeathmeten Luft.

50. Zu dieser rückständigen Luft kommt bei gewöhnlichem Einathmen eine gewisse Quantität hinzu, welche natürlich auch ungemein verschieden ist, je nach Alter, Geschlecht, Bewegung u. s. w. Vierordt [4]) fand als Mittel zahlreicher Untersuchungen, dass im Zustande der Ruhe 507 C.-C. = 25,6 par. Cub.-Z. = 38,3 rhein. C.-Z. = nahe $\frac{1}{2}$ Quart ausgeathmet werden. — In runder Zahl kann man auf 24 Stunden 8—10 Cubikmeter annehmen. Als Mittel der fünf höchsten Werthe fand Vierordt 699, der fünf niedersten 177 C.-C.; Valentin zwischen 502—602 C.-C. Cavoisier und Seguin hingegen nur 233 C.-C.

51. Nach einer gewöhnlichen Einathmung enthalten mithin die Lungen ungefähr 2000 C.-C. Luft, wovon also $\frac{1}{4}$ frisch eingeathmete, $\frac{3}{4}$ schon vorhandene Luft ausmachen.

Vitale Capacität. Spirometer.

52. Wenn nun so tief als möglich eingeathmet und sodann wieder so tief als möglich ausgeathmet wird, so ist die Menge der Luft beträchtlich grösser. Im Allgemeinen kann die unter solchen Bedingungen entleerte Luft ein Mass abgeben für die Grösse der Hohlräume der Respirationsorgane, vornämlich der Lungen, die Ausdehnungs-

---

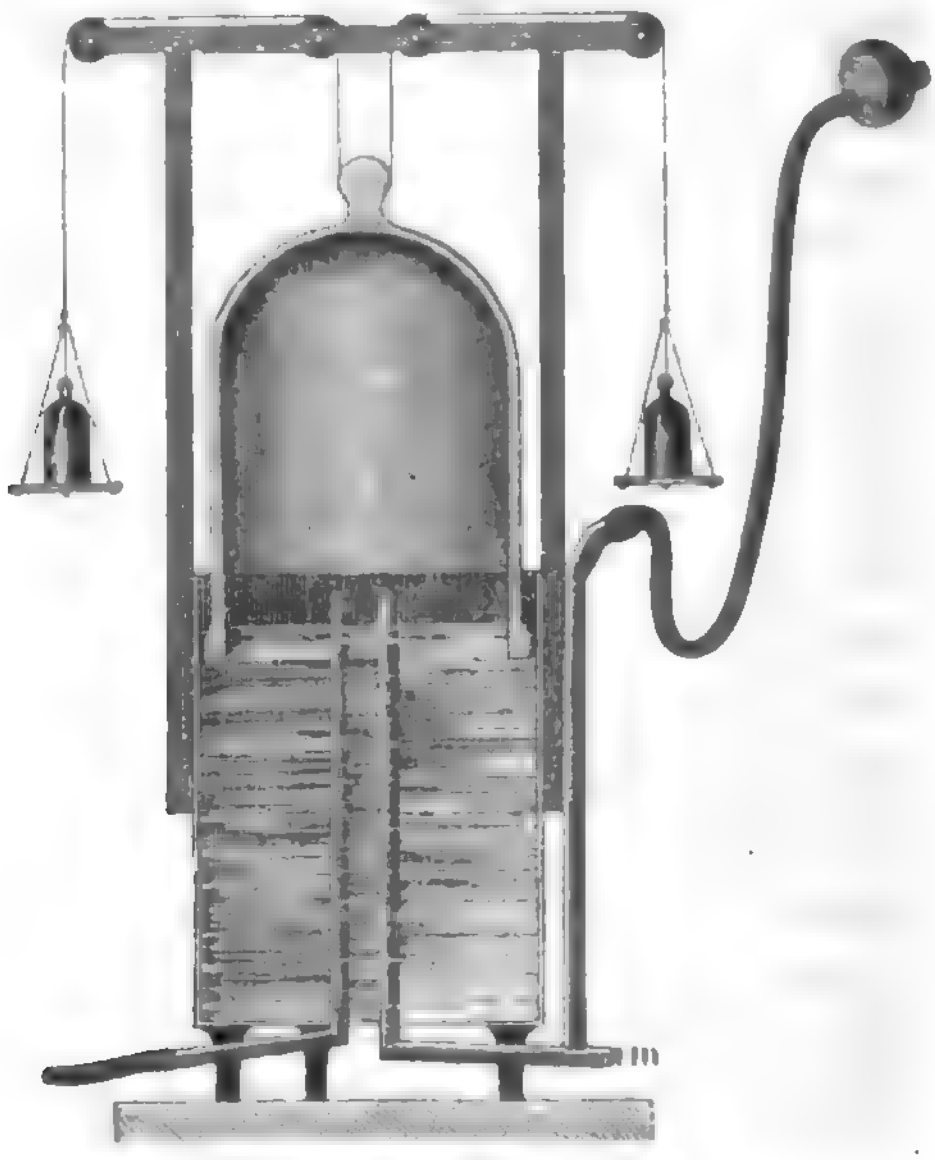
1) Allen u. Pepys in Phil. Transact., 1809, p. 411.
2) Vgl. Burdach's Phys. VI, 431.
3) Hutchinson in Med. chir. transact. I, 29. Todd, cycl. art. Thorax.
4) Vierordt in Wagner's Handw. II, 837.

Digitized by Google

fähigkeit derselben und die Contractionskraft der Respirationsmuskeln. Man hat diese Luft mit dem Namen Athmungsgrösse, vitale Capacität (vital capacity) belegt (Hutchinson). Man ermittelt dieselbe durch einen Apparat, den man Pneumometer oder gewöhnlich Spirometer nennt, welcher von Hutchinson zwar nicht zuerst angegeben, doch vielfach verbessert und zu practischen Zwecken verwendet wurde. [1])

53. Fig. 16 stellt ein solches nach einer Angabe von Mohr [2]) dar. Eine graduirte Glasglocke, welche durch Gegengewichte, die über Rollen gehen, getragen wird, steht in einem aus starkem Zinkbleche verfertigten Gefässe, an dessen vorderer Seite ein schmales, aber so

Fig. 16.



Spirometer nach Mohr.

langes Fenster, als das Gefäss selbst, eingekittet ist, um den Stand des Wassers in der Glocke selbst betrachten zu können. Da die Glocke an zwei Schnüren hängt, so kann sie sich nicht drehen, und die Striche und Zahlen bleiben immer vor dem Glasfenster. Die Zu-

1) Die Literatur über Spirometer ist sehr ausgedehnt, man vgl. darüber Fabius de spirometro., Amsterd. 1853, und Henle u. Pfeufer's Zeitschr. N. F., B. IV, p. 281.

2) Mohr, Titrirmethode II, 167.

Digitized by Google

und Ableitungsröhren gehen in der Mitte durch den Boden. Die Einathmungsröhre soll mindestens 20^{mm} weit sein. Der Theil unter dem Boden neigt sich nach Aussen und ist mit einem Korke oder einer aufgeschraubten Kappe bei *a* geschlossen. Es hat dies den Zweck, übergetretenes und durch Einathmen condensirtes Wasser, sowie auch nach jedem Versuch die Luft selbst wieder herauslassen zu können, ohne das Mundstück abzulösen. Die zweite oder Auslassröhre bei *b* wird gebraucht, wenn man die im Gasometer enthaltene Luft durch einen Absorptionsapparat gehen lassen will; sonst ist die Röhre verschlossen.

Wenn man den Stopfen bei *a* löst, so sinkt die Glocke herunter, falls sie noch ein kleines Übergewicht über die Gegengewichte hat. Dies soll jedoch nur sehr klein sein, um dem Ausathmenden keinen Widerstand zu leisten. An dem weiten Rohre ist ein langes Stück Cautschukrohr von gleichem Durchmesser befestigt, an dessen Ende sich ein Mundstück mit zwei Ventilen befindet, zum Ein- und Ausathmen eingerichtet, wobei die Nase verschlossen wird. — Man athmet nun, um die vitale Capacität zu messen, tief ein, dann mit voller Kraft aus, wobei die Luft in das Gasometer dringt und die Glocke sich hebt. Man muss sich auch darin einige Übung verschaffen. Wenn man zum ersten Male tief ausathmet, steigt gewöhnlich die Glocke nicht so hoch. — Beim Abmessen muss das sperrende Wasser innerhalb und ausserhalb der Glocke gleich hoch stehen, damit die Spannung der inneren Luft der der atmosphärischen gleich ist. Man kann dies durch Ziehen an den Gewichten oder Drücken auf den Knopf der Glocke leicht erreichen.

54. Nach Hutchinson variirt die vitale Capacität der Lungen nach der Grösse, dem Gewichte, dem Alter und dem Gesundheitszustande. Im Mittel ist bei einer Temperatur von 60° F. (11,5 R.) die vitale Capacität

bei	5′ 1‴	175,5 C.-Z.	= 2878	C.-C.
„	5′ 3‴	189,7 „	= 3111	„
„	5′ 5‴	206,5 „	= 3386	„
„	5′ 7‴	225 „	= 3690	„
„	5′ 9‴	239,2 „	= 3922	„
„	5′11‴	256,2 „	= 4201	„

Vom 15. bis 35. Lebensjahre steigt die vitale Capacität, vom 35. bis 65. Jahre vermindert sie sich,

vom	15. — 25.	220 C.-Z.	= 3608	C.-C.
„	25. — 30.	222 „	= 3636	„
„	30. — 35.	228 „	= 3734	„
„	35. — 40.	212 „	= 3436	„
„	40. — 45.	201 „	= 3296	„

Digitized by Google

vom	45.	— 50.	197 C.-Z.	= 3231	C.-Z.
„	50.	— 55.	193 „	= 3166	„
„	55.	— 60.	182 „	= 2984	„
„	60.	— 65.	183 „	= 2966	„

Ein Körpergewicht unter 161 Pfd. übt keinen Einfluss auf die vitale Capacität, ein höheres Gewicht vermindert dieselbe. — Im vorgerückten Stadium der Lungenschwindsucht sank die vitale Capacität sogar in manchen Fällen bis 34 C.-Z. = 557,6 C.-C. Beim Stehen ist dieselbe höher, als beim Sitzen oder Liegen, im Verhältniss = 260 : 255 : 220; auch ein voller Magen vermindert sie. In der letzten Zeit der Schwangerschaft soll die vitale Capacität zunehmen (Küchenmeister, Fabius).

55. Veränderungen des Spirometers und Untersuchungen über Spirometrie verdankt man Kentish, Phöbus, Herbst, Haeser, Simon, Albers, Fabius, Arnold u. A.

56. Das Spirometer ist auch geeignet, Versuche über das normale Athmen zu machen. Man kann es bei einiger Übung dahin bringen, dass man mit zugehaltener Nase ganz ruhig bis zur Füllung der Glocke athmet. Wird nun gleichzeitig die Zeit mit der Sekundenuhr beobachtet und werden die Athemzüge gezählt, so ergiebt sich leicht, wie viel im Mittel mit jedem Athemzuge ausgeathmet wurde. Hierbei zeigt sich in gleicher Weise wie bei der vitalen Capacität, dass kräftigere Menschen von grösserer Körperhöhe beträchtlich mehr Luft mit einem Athemzuge entleeren, als minder kräftige und kleinere.

57. Da vermöge der grossen Elasticität die Lungen, so lange sie gesund sind, sich mit Leichtigkeit den Bewegungen anpassen, welche durch die Respirationsmuskeln ausgeführt werden, da aber diese Bewegungen sowohl mit den Ernährungserscheinungen des Körpers, als auch mit den Veränderungen im Nervenleben in einer sehr engen Verbindung stehen, so ergiebt sich der Werth dieser Eigenschaft des Lungengewebes von selbst.

Muskelfasern in den Bronchien.

58. Die Muskelfasern in den Bronchien sind im Stande, dieselben zu verengern und dadurch die Ausathmung zu unterstützen. Zusammenziehungen der Luftröhrenzweige und der Lungen sowohl spontan nach dem Tode, als auch durch Reizmittel, sind schon vor längerer Zeit von Varnier, Krimer u. A., später auch von Williams [1]) beobachtet worden.

59. Die Pause, welche zwischen Inspiration und Exspiration bemerkt wird, ist mehr scheinbar als wirklich. Denn wenn durch die Inspiration die grösste Ausdehnung der Brust gewonnen ist, so beginnt

---

1) Vgl. Burdach, Phys. VI, 427. — Williams in l'Instit. 1841, p. 7.

Digitized by Google

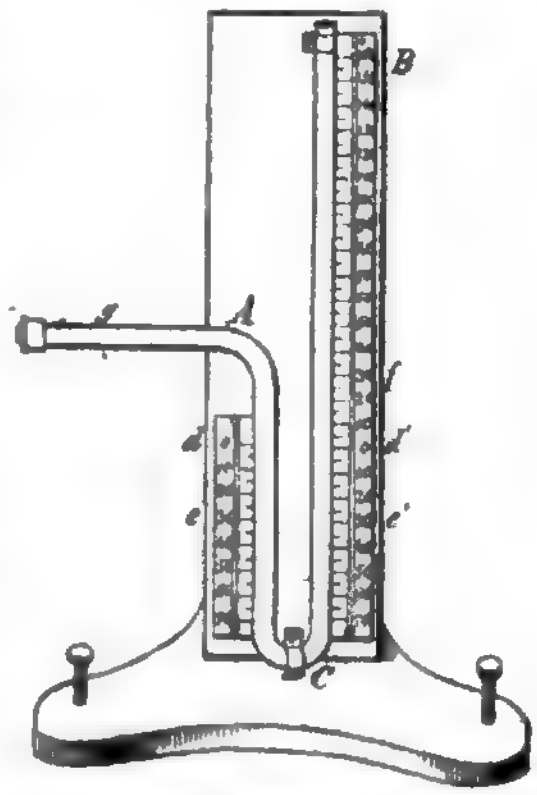
unverzüglich die Erschlaffung der Inspirationsmuskeln, d. h. die Exspiration. Wenn während der angehaltenen Inspiration die Bauchmuskeln contrahirt werden, so wirkt auf die Unterleibseingeweide der beträchtliche Druck der in den Lungen befindlichen eingeathmeten Luft und der der Bauchmuskeln. Dieser Druck (Bauchpresse) befördert wesentlich die Entleerung der Excremente und die Geburt.

60. Die Inspiration währt nach meiner Beobachtung ein wenig länger als die Exspiration; bei mir dauert von der Zeit an, wo ich die Bewegung zu fühlen anfange, eine Inspiration 1,25 Secunden, die Exspiration 0,5 Secunden während des ruhigen Athmens. Nach Vierordt und G. Ludwig [1]) dauert die Inspiration kürzer, als die Exspiration, im Verhältniss = 10 : 14 bis 24, die Pause zwischen der vollendeten Exspiration und der beginnenden Inspiration nahe drei Secunden. Beim Gähnen dauern beide Bewegungen länger an.

Kraft beim Ausstossen der Luft.

59. Athmet man in ein mit Quecksilber bis zu einer bestimmten Höhe gefülltes Manometer, welches auch so abgeändert sein kann, dass der Schenkel *g* wegfällt und die aufsteigende Röhre *A* in ein trichterförmiges Ende ausgeht (Valentin), so fällt die Quecksilbersäule beim Einathmen und steigt beim Ausathmen. Beim gewöhnlichen, ruhigen Athmen fällt die Säule mehr beim Einathmen, als sie beim Ausathmen steigt. Ich fand bei Versuchen, in denen ich blos mit einem Nasenloche athmete, das Verhältniss zwischen Einathmungs- und Ausathmungsdruck nahezu = 3 : 2, gerade wie Donders. Durch tiefes Ein- und Ausathmen fällt und steigt natürlich die Säule viel stärker, mehr, wenn man mit dem Munde (Valentin), als mit einem Nasenloche (Donders), athmet. Jedoch ist das Verhältniss ein anderes. Beim tiefen Einathmen sah man (Valentin, Hutchinson, Donders, Budge) die Quecksilbersäule nicht so fallen, als sie beim Athemholen stieg; ich fand häufig das Verhältniss des Druckes zwischen Inspiration und Exspiration nahe = 1 bis 1,5 : 2. Um wieviel die Quecksilbersäule steigt oder fällt, ist ausserordentlich verschieden, je nach der Stärke des Athemholens. Hutchinson, der die grösste Anzahl von Untersuchungen anstellte, fand im Mittel den Druck beim starken Ausathmen um $^1/_4$ stärker, als beim Einathmen. — Beim

Fig. 17.



Manometer.

1) Vierordt u. Ludwig in Archiv f. phys. Heilk., B. 14, p. 253.

Digitized by Google

Athmen durch ein Nasenloch fand Donders im Mittel den Einathmungsdruck 57 Mm., den Ausathmungsdruck 87 Mm.; beim Athmen durch den Mund Valentin den Einathmungsdruck 102,2 Mm., den Ausathmungsdruck 108,2 Mm.

2) Anregung der respiratorischen Bewegungen (Nerveneinfluss). 62—67.

Noeud vital.

62. Durch die Versuche von Legallois [1]) ist zuerst bekannt geworden, dass Zerstörung des verlängerten Marks augenblicklich alle Athembewegungen aufhebt. Flourens [2]) bestimmte genauer die Stelle, welche sich nahe der Spitze des sinus rhomboidalis findet, und die er point oder noeud vital nennt. Wenn man an dieser Stelle einen einfachen Schnitt herführt, so hört mit einem Male im Gesichte, den Brustmuskeln, dem Zwerchfelle jede Respirationsbewegung auf, jedoch muss der Schnitt beide Hälften treffen, sonst kann die Respiration noch halbseitig fortdauern. Auch ist in der Spitze selbst nicht das Centrum der Respirationsbewegungen, da man in dieselbe eine Nadel ohne sichtlichen Einfluss, selbst ohne Schmerz zu erregen, einstechen und hin- und herbewegen kann, wovon ich mich oft überzeugt habe. Wenn einem Thiere der Kopf abgeschnitten wird, so dass dieser Theil des verlängerten Marks noch mit dem Kopfe in Verbindung bleibt, so macht der Kopf Athembewegungen, indem der Mund sich weit öffnet (Legallois [3]), Mayer [4]). Diese Bewegungen dauern bei älteren Thieren viel kürzer als bei jüngeren, bei Hunden länger als bei Kaninchen. Ich habe sogar bei einem einen Tag alten Hunde am Munde diese Bewegungen 39 Minuten lang fortdauern gesehen. Hierbei war es gleichgültig, ob man den Kopf umdrehte oder nicht. Diese Bewegungen erfolgen gewöhnlich sehr langsam, besonders die letzten, es dauert oft ein, zwei, selbst drei Minuten, ehe die folgende Bewegung eintritt, auch werden dieselben immer träger. — Ich sah sie auch noch fortbestehen, wenn der Kopf sogleich in Wasser fiel, also abgeschlossen von der atmosphärischen Luft. Nimmt man oberhalb der angegebenen Stelle des verlängerten Marks alle Nervencentraltheile weg, so dauert noch die Athmung im übrigen Respirationsapparate, mit Ausnahme des Gesichts, fort.

---

1) Legallois expér. sur la principe de la vie, Paris 1812, p. 37. — Frühere Andeutungen von Galen de anat. admin. VIII, 9 und Lorry, Mém. de l'ac. savants étrang., T. III.

2) Flourens, rech. expér. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv., 2e ed. p. 204. — Compt. r. t. XXXIII, 437, t. XLVII, 803.

3) Legallois, l. c. p. 28.

4) Mayer in Salzb. med. Z. 1815, p. 192.

Digitized by Google

63. In diesem Theile des verlängerten Marks wird also eine Kraft entwickelt, durch welche die Nerven, welche zu den Athemmuskeln hingehen, diese zu Contractionen veranlassen, d. h. also den n. facialis für das Gesicht, den n. phrenicus für das Zwerchfell, den mit dem n. vagus verlaufenden n. recurrens für die Stimmritze, die n. intercostales und abdominales für Brust- und Bauchathmen. Verlängertes Mark als Respirationscentrum.

64. Man kann hingegen jeden der zu den Athemmuskeln hingehenden Nerven durchschneiden, ohne dass dadurch augenblicklich eine andere Wirkung erfolgte, als die Theilnahmlosigkeit des betroffenen Organs an dem Athmen. Werden die n. faciales durchgeschnitten, so hören die Bewegungen im Gesichte auf, aber die übrigen Athembewegungen dauern ungestört fort; wird das Dorsalmark zerstört, so wirken Zwerchfell, Gesichtsmuskeln und Kehlkopfmuskeln weiter, aber die Intercostalmuskeln bewegen sich nicht mehr; werden die n. phrenici durchgeschnitten, so athmen die Brustmuskeln noch; werden endlich die rami recurrentes n. vagi durchgeschnitten, so hören die Bewegungen der Stimmbänder augenblicklich auf.

65. Die Durchschneidung jedes einzelnen dieser Nerven zieht also nicht nothwendig den Tod nach sich, mit Ausnahme eines einzigen, des n. vagus, wenn derselbe nämlich auf beiden Seiten durchgeschnitten worden ist. Nach dieser Operation wird das Athemholen bei den meisten Thieren erst auffallend langsamer, später beschwerlich und unregelmässig. Die Stimmbänder bewegen sich nicht mehr und die Stimmritze ist daher beim Einathmen enger, als im normalen Zustande. Das Blut wird venös. An blossgelegten Arterien, sowie an allen Körpertheilen bemerkt man die bläuliche Färbung. Das Thier wird überaus matt, träge, gleichgültig. Bei jungen Thieren erfolgt der Tod früher, als bei älteren; bei ausgewachsenen Kaninchen gewöhnlich nach 1 bis 2, bei Hunden gewöhnlich nach 4 bis 5, oft erst nach 20 bis 30 Tagen, bei ganz jungen Raben sah ich den Tod schon nach 15 Minuten, bei alten Tauben erst nach 8 Tagen eintreten. Der Tod tritt etwas später ein, wenn man ein Röhrchen in die Luftröhre steckt, wodurch die Verengerung der Stimmritze unschädlich gemacht wird. Nach dem Tode findet man häufig, jedoch nicht constant, die Lungen geröthet, mit Exsudat erfüllt und selbst hepatisirt, zuweilen (Mayer) Gerinnsel in den grossen Gefässen. Vgl. das Nähere im 3. Buche bei n. vagus.

66. Man nimmt an, dass ein Kind oder ein Thier erst zu athmen beginnt, wenn es geboren wird, und dass im Mutterleibe Athembewegungen noch nicht vorhanden sind. Eine daher oft aufgeworfene Frage ist die nach der Veranlassung des ersten Athemholens, woraus sich denn auch die Veranlassung zu den folgenden Athemzügen ergeben würde. Die Untersuchung hat ihre grossen Schwierigkeiten, Ursache des ersten Athemholens.

Digitized by Google

zuerst schon deshalb, weil man nicht mit aller Sicherheit darthun kann, ob nicht schon im Eie die medulla oblongata thätig ist, und die Athemnerven zwar anregt, dass aber ein eigentliches Athmen nicht zu Stande kommen kann, weil noch keine Luft in den Lungen enthalten ist und diese an ihrer Ausdehnung gehindert sind. Dass bei Thierembryonen im Ei Bewegungen Statt finden, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit denen der Respiration haben, also bevor noch Luftzutritt stattgefunden hat, ist vielfach [1]) beobachtet worden, ich habe mich selbst davon überzeugt. Ja sogar hat Leclard [2]) Farbstoffe, mit denen das Amnioswasser reifer Embryonen gefärbt war, wieder in den Lungen vorgefunden.

Ob aber nun wirklich diese Bewegungen schon im normalen Fötusleben vorhanden sind, oder erst durch Trennung des Embryo vom Mutterkörper entstehen, ist nicht ausgemacht. Mehre Beobachter [3]) nehmen an, wenn der Embryo nicht mehr das sauerstoffreiche Blut der Mutter sich aneignen könne, entstehe in ihm eine Art Erstickungsnoth und diese errege das verlängerte Mark zu Athembewegungen. — Eine früherhin sehr verbreitete Ansicht war, dass die Lungenäste der n. vagi von der atmosphärischen Luft, welche zum ersten Male nach der Geburt sich den Weg zu den Lungen bahne, erregt würden und von diesen aus das verlängerte Mark und dass die Folge dieser Erregung eine Thätigkeit der Bewegungsnerven der Respirationsmuskeln sei. Dagegen spricht jedoch, dass das Athmen noch eine geraume Zeit nach der Durchschneidung der n. vagi fortbesteht. — Ebenso wenig haltbar ist die Annahme, dass die Anregung der äusseren Haut durch die Luft auf das verlängerte Mark vermittelst der Hautnerven sich verbreite. Denn wenn die ganze Haut mit einem dichten Firniss überzogen worden ist, wenn ferner dazu noch beide n. vagi durchschnitten werden, so hört doch, wie ich beobachtet habe, keineswegs das Athmen plötzlich auf.

Wiedererregung des Athmens durch Nervenreizung.

67. Ich habe sehr häufig bei Thieren, welche aufgehört hatten zu athmen, gesehen, dass von Neuem eine Athembewegung eine kurze Zeit hindurch jedes Mal entstand, wenn ich das verlängerte Mark oder den n. vagus galvanisirte.

3) Modificationen der Athembewegungen durch verschiedene Einwirkungen. 68—149.

Schwankungen der Frequenz der Athemzüge.

68. Wie bei jeder Muskelbewegung, so lassen sich auch bei der Respiration die Intensität jeder einzelnen Bewegung und die

1) Vgl. Scheel, comm. de liqu. amn. etc. Havniae. 1799. — Beclard in Meckel's Archiv I, 154. — Volkmann in Müller's Archiv 1841, p. 332.

2) Leclard in Meckel's Archiv I.

3) Vgl. Schwartz, Vorzeitige Athembew., Leipzig 1858.

Digitized by Google

Häufigkeit, mit der sich die Bewegungen folgen, unterscheiden. Jene hängt von dem Grade der Verkürzung ab, welche die Muskelfasern erfahren. Es dauert dabei nicht nur längere Zeit, bis die Zusammenziehung vollendet ist, sondern es folgen auch die Bewegungen um so seltener, je intensiver sie sind.

Abhängig von den Athembewegungen. 70–80.

69. Die Schwankungen, welchen das Athemholen sowohl in seiner Intensität als in seiner Frequenz unterworfen ist, gehen von zwei Ursprungsstellen aus, a) entweder von den Organen, in welchen die Athmung zu Stande kommt (Athemmuskeln — Athemorgane), oder b) von den Organen, von welchen die Athembewegungen angeregt werden (Nervensystem).

70. a. Die grössere oder geringere Bewegungsfähigkeit der Athemmuskeln hängt, wie die aller Muskeln, wesentlich ab: 1) von der Länge und der Anzahl der Muskelfasern, 2) von dem Blutzuflusse, 3) von mechanischen Hindernissen.

71. ad 1) Wenn die Ansatzpuncte der Zwerchfellsmuskelfasern eine grössere Entfernung von einander haben, daher die Länge der Fasern beträchtlicher sein muss, so werden diese einen längeren Weg zurücklegen, als umgekehrt; ebenso wird sich die Fasermenge proportional zu der Stärke der Muskelkraft verhalten, vorausgesetzt natürlich, dass die übrigen in Betracht kommenden Bedingungen das Resultat nicht verändern.

Abhängig vom Alter und der Grösse.

72. Daher athmen im Allgemeinen ältere und grössere Thiere tiefer und seltener als jüngere und kleinere. In der Minute athmet

ein junges Pferd 10 — 12 Mal, ein altes 9 — 10 Mal,
„ „ Rind 18 — 20 „ „ „ 15 — 18 „
„ „ Schaaf 16 — 17 „ „ „ 13 — 16 „
„ junger Hund 18 — 20 „ „ alter 15 — 18 „

Rhinoceros, Hippopotamus, Giraffe, Kameel 10 Mal, Wallfisch 4—5 Mal, Hirsch, Lama 16—20 Mal, alte Kaninchen 90, junge 160 Mal und mehr; kleine Vögel 30—50 Mal, grosse 20—30 Mal. [1])

73. Nach Quetelet athmet der Mensch in der Minute im Mittel:

gleich nach der Geburt 44 Mal,
im 5. Jahre . . . 26 „
„ 15.—20. Jahre 20 „
„ 20.—25. „ 18,7 „
„ 25.—30. „ 16 „
„ 30.—50. „ 18,1 „

Hutchinson fand in 1714 Fällen als Minimum 6, als Maximum 40, als Durchschnittszahl 20 Athemzüge in der Minute bei Erwachsenen.

---

1) Vgl. Colin phys. comp. des anim. dom. II, p. 152.

Digitized by Google

Auf einen Athemzug rechnet man bei Erwachsenen etwa vier Pulsschläge.

74. Bei grösserer Körperlänge und demselben Alter ist in der Regel die Athemfrequenz mehr, als bei kleinerem Körper; aber das Athmen hier tiefer. Dort ist die Länge der Wirbelsäule und dadurch auch die Länge der Muskelfasern des Zwerchfells und der m. intercostales grösser als hier; daher kann auch die Excursion grösser sein.

75. ad 2) Jeglicher Blutverbrauch ermüdet die Muskeln und insbesondere auch die respiratorischen. Wenn ihnen durch irgend eine Ursache weniger Blut zur Disposition steht, können sie ihre Zusammenziehung nicht mehr vollständig bewirken. So lange aber noch ihre Anregung durch das Nervensystem fortbesteht, ist die Athemfrequenz vermehrt. Durch Anstrengung oder vielmehr bei jeder Ermüdung tritt sie ein. Ermüdung ist ein äusseres Zeichen von Mangel an Ernährung, an Blut, an Sauerstoff. Die vermehrte Athemfrequenz ist eine Compensation für die verminderte Bewegungsintensität, wie man oft auch bei willkürlichen Bewegungen Ähnliches beobachtet. So werden z. B., wenn in einer gewissen Zeit eine bestimmte Wegstrecke zurückgelegt werden soll, von dem ermüdeten Körper eine um so viel grössere Anzahl von Schritten; aber um so weniger ausgiebige gemacht, je ermüdeter der Körper, und je kräftiger der Wille, und umgekehrt. Das im verlängerten Marke sitzende Nervenprincip ist hier der Willenskraft vergleichbar.

76. Bei starker Anstrengung jeglicher Art wird eine grössere Menge von Muskelkraft, eine grössere Menge von Blut verbraucht, das verlängerte Mark leidet, wie jeder Körpertheil, momentan Abbruch, die Athemzüge werden kleiner und häufiger. In den 50er Jahren nimmt die Zahl der Athemzüge zu, weil der Stoffwechsel abnimmt. Es ist die Zeit der natürlichen Körperermüdung.

77. Im Stehen wird mehr respirirt, als im Sitzen und noch mehr, als im Liegen; nach Guy im Verhältniss = 22 : 19 : 13.

78. Ebenso wie die Körperbewegungen nehmen auch exaltirende Gemüthsaffecte und sehr viele krankmachende Einwirkungen einen stärkeren Blutverbrauch in Anspruch und vermehren das Athmen.

79. Endlich wird das ausserordentlich frequente Athemholen bei Blutverlusten sich hier anreihen.

Abhängig von mechanischen Hindernissen.

80. Auch kommen 3) die mechanischen Hindernisse der Muskelbewegung in Betracht. Wenn der Unterleib sich nicht ausdehnen kann und daher die Contraction des Zwerchfells behindert ist, sei es durch Einschnürung von Aussen, durch krankhafte Ansammlungen in der Bauchhöhle u. s. w., so vermehrt sich das Athemholen.

Abhängig vom Nervensysteme. 81— 5.

81. b) Sehr wesentlich muss auf das Athmen der normale Zustand des verlängerten Marks wirken. Es sind jedoch noch nicht alle för-

Digitized by Google

dernden und störenden Einwirkungen bekannt. Vielleicht vom grössten Einflusse ist der Mangel an Sauerstoff. Wird die Luft durch festes Zuhalten von Mund und Nase abgesperrt, so entstehen rasch Erscheinungen, welche vom verlängerten Marke ausgehen: Abnahme des Gefühls und Abnahme der Athemfrequenz.

82. Obwohl vom Gehirne das Athmen nicht direct beherrscht wird, so kann es doch auf das Athemcentrum einwirken. In vielen Gehirnkrankheiten beobachtet man Respirationsstörungen.

83. Merkwürdig sind die Versuche von Fodera[1]), A. Cooper und Malgaigne[2]), welche von mir[3]) schon vor längerer Zeit und neuerlich von Hegelmaier wiederholt und bestätigt wurden. Druck auf das Gehirn bei Thieren vermindert beträchtlich die Athemfrequenz, selbst bis zum völligen Stillstand. Inspirationen und besonders Exspirationen werden langsamer, länger dauernd.

84. Obwohl die Athembewegungen ohne Zuthun des Willens entstehen und unterhalten werden, kann sie der Wille auch hervorrufen, unterstützen und unterbrechen. Sie gleichen dadurch den durch den Instinct beherrschten Bewegungen. Die Zahl der Respirationen kann willkürlich ums Zehnfache eine Zeit lang vermehrt werden. Der Engbrüstige stemmt seinen Arm fest und kann mit dem m. pectoralis major die Rippen nach Vorn ziehen. Er streckt seinen Rumpf und zieht dann mittelst der Rippenbündel des longissimus dorsi und sacrolumbalis die Rippen nach Hinten, hebt den Kopf nach Hinten, öffnet die Mundhöhle u. s. w. Man kann den Athem willkürlich anhalten, bis das überwältigende Angstgefühl die Organe des Willens betäubt.

85. Sehr häufig entstehen besondere Abarten des Athmens durch gewisse Vorstellungen. So z. B. Lachen und Weinen durch Vorstellungen zweier Bilder, welche etwas Widersprechendes oder einen starken Gegensatz enthalten, und zwar, wenn sie nach einander vor die Seele kommen, so dass das neue in die Vergangenheit, das andere in die Gegenwart oder in Gegenwart und Zukunft fallen, so entsteht gewöhnlich Weinen; wenn sie neben einander vorgestellt werden, Lachen.[4]) — Ferner entstehen durch Vorstellungen Gähnen, Schluchzen, Erbrechen, selbst Niesen und Husten.

86. Es gibt ausserdem noch mancherlei äussere Einflüsse auf die Athemfrequenz, welche noch nicht ihre bestimmte Erklärung gefunden haben, von denen wir folgende erwähnen.

Aus noch nicht ermittelten Ursachen.

---

1) Fodera in Magendie Journ. III, 196.

2) Malgaigne, Anat. Chir. I, 315. Hegelmaier, Athembewegungen beim Hirndruck, Tübingen 1859.

3) Budge, Untersuchungen über das Nervensystem. Frankf. 1842. II, 62.

4) Budge, ebendas. I, 183.

Digitized by Google

Haut. 1) Durch Überfirnissen der äusseren Haut nimmt die Athemfrequenz fast ebenso stark ab, als nach Durchschneidung der beiden n. vagi. Umgekehrt scheinen Reizungen der äusseren Haut, sowie Reizungen der Schleimhäute die Athembewegungen zu vermehren und zu verstärken (J. Müller).

Temperatur. 87. 2) Bei niederer Temperatur ist die Athemfrequenz grösser als bei höherer, vielleicht in Folge der Reizung der Haut und der Lungenschleimhaut durch die kalte Luft. Aus einem Mittel vieler Beobachtungen waren bei 8°, 47 C. 12,16 Athemzüge, bei 19°, 40 C. 11,57, und das Volumen einer Exspiration dort = 548 C. C., hier 520,8 C. C. (Vierordt).[1])

Modification der Athemintensität. 88. Obwohl das Athmen aus einer Reihe von Bewegungen resultirt, welche an sehr verschiedenen Körpertheilen ausgeführt und von sehr verschiedenen Nerven beherrscht werden, so verbinden sich diese Bewegungen überaus gerne zusammen. Es erfolgt daher eine gesammte Athembewegung, obwohl nur ein Theil der zum Respirationsapparat gehörenden Organe gereizt worden ist. So erfolgt die Exspirationsbewegung des Niesens durch die beschränkte Reizung der Nasenschleimhaut, die des Hustens durch Reizung der Kehlkopfschleimhaut u. s. w. — Damit diese Modificationen des Athemholens zu Stande kommen, sind zwei Bedingungen erforderlich, nämlich erstens eine hinlänglich starke allgemeine und zweitens eine ausreichende locale Respirationsbewegung. Fehlt z. B. die letztere, so finden erfolglose Anstrengungen statt, wie häufig beim Niesen.

Verschiedene Arten des Athmens. 89. Wenn der Luftstrom beim Athmen durch eine verengte Stelle getrieben wird, so ist das Athmen mit Tonerzeugung verbunden. Wenn man z. B. durch den Mund stark athmet, ohne dass das Gaumensegel gehoben wird und die Zungenwurzel sich nicht niederlegt, beide Organe vielmehr sich nahe stehen, so entsteht das Schnarchen; wenn durch Hebung der Zungenwurzel und Annäherung des pharynx an den Gaumen die Rachenhöhle sich verengt und dabei rasch und energisch exspirirt wird, entsteht das Räuspern; durch das Durchströmen der Luft durch schleimgefüllte Bronchien das Röcheln; bei vehementem Durchdrängen des Luftstromes durch die verengte Stimmritze Husten; bei vehementem Durchdringen des Luftstromes durch Choanen und Nase das Niesen.

90. Viele Arten des modificirten Athemholens beruhen darauf, dass Einathmungsbewegungen noch bestehen, während eine Bewegung wie zur Ausathmung erfolgt. So werden beim Lachen die Mund- und auch die Gesichtsmuskeln während des Exspirirens wie zum Inspi-

---

1) Vierordt in Wagner's Handw. II, 879.

Digitized by Google

riren contrahirt, ebenso beim Niesen die Inspirationsmuskeln der Nase. Eigenthümlich ist das Erbrechen, bei welchem Zwerchfell und Bauchmuskeln sich stark contrahiren und auf den gleichzeitig stark aufgeblähten Magen drücken und ihn entleeren. [1]) Auch beim Husten, den man bei manchen Thieren, wie Hunden, durch Reizung der Kehlkopf-Schleimhaut leicht erzeugen kann, sieht man dem Schliessen der Stimmritzenbänder eine Erweiterung vorausgehen.

II. Wirkungen, welche durch die Respirationsbewegungen entstehen.

Allgemeines.

91. Es werden hier nur die unmittelbaren Wirkungen des Athmens betrachtet, nicht die weiteren Folgen, welche für den Körper hervorgehen. Wir werden also z. B. die Veränderungen, welche das Blut durch die eingeathmete Luft erfährt, ebenso wenig in diesem Abschnitte schon abhandeln, als die Wirkung des Sauerstoffs auf die Ernährung, vielmehr dies erst in der Lehre vom Blute und der Ernährung betrachten.

Von den unmittelbaren Wirkungen sind die wesentlichsten folgende:

1) Wechselwirkungen zwischen der eingeathmeten und der in den Lungen befindlichen Luft.

2) Wirkung der atmosphärischen Luft auf das Athmen im Vergleich mit andern Gasarten.

3) Töne, welche beim Ein- und Ausströmen der Luft erzeugt werden.

4) Wirkungen der Lungenluft auf Herz und Gefässe beim Ein- und Ausathmen.

1) Wechselwirkungen zwischen der eingeathmeten und der in den Lungen befindlichen Luft. 92—145. (Chemismus der Respiration.)

a) Atmosphärische Luft.

92. Die atmosphärische Luft, welche die Erde ungefähr in einer Höhe von $9^3/_4$ geographischen Meilen umgibt, besteht dem Volumen nach aus einem Gemenge von ungefähr 21 Sauerstoff und 79 Stickstoff. Sie enthält jedoch immer etwas Kohlensäure und Wassergas. Die genauere Zusammensetzung ist:

78,492	N.
20,627	O.
0,041	CO^2.
0,840	Wassergas.

1) Vgl. Budge, Ueber das Erbrechen, Bonn 1840.

Digitized by Google

Die Bestimmung geschah meistens durch Eudiometer, welches kalibrirte Röhren sind, in welche man eine genau bestimmte Menge atmosphärischer Luft und eine leicht oxydirbare Substanz, z. B. Wasserstoffgas (Volta's Eudiometer) zusammenbringt. Zwei Vol. Wasserstoffgas verbinden sich unter Einwirkung des elektrischen Schlages mit einem Vol. Sauerstoff. Man erkennt an der mangelnden Gasmenge, welche durch eintretendes Wasser oder Quecksilber ersetzt wird, dies Volumen des vorhanden gewesenen O. [1])

Dem Gewichte nach besteht die atmosphärische Luft aus

23,010 O.
76,990 N.

Besonders genaue Untersuchungen haben Dumas und Boussingault [2]) angestellt. Sie befreiten die Luft vorher von CO^2 und Wassergas, indem sie dieselbe durch Kali und Schwefelsäure führten, liessen sie dann in eine mit glühenden Kupferspänen gefüllte, vorher luftleer gemachte, genau gewogene Glasröhre streichen, in welcher sich das O mit dem Kupfer verband. Der Überschuss der Luft, d. h. der Stickstoff, wurde in einen vorher gleichfalls luftleer gemachten und gewogenen Ballon geleitet. Der Gewichtsüberschuss ergab die Menge der Gasarten.

An sehr verschiedenen Orten der Erde wurden Analysen der atmosphärischen Luft angestellt, ohne dass sich eine wesentliche Differenz zeigte. [3])

In der atmosphärischen Luft ist immer CO^2 enthalten [4]), und zwar nach Saussure [5]) in 10000 Theilen 4,12 bis 3,89. — Wenn Regen fiel, war die Menge der CO^2 vermindert. Wenn der Boden anhaltend gefroren ist, vermehrt sich die CO^2, und wenn es thaut, vermindert sie sich wieder. — In der Stadt Genf fand Saussure die CO^2-Menge bei Tage grösser, als am Abende; auf dem Lande in der Nähe war es umgekehrt. Auf Bergen ist mehr CO^2, als in der Ebene; bei starkem Winde ist die Luft reicher daran, als bei Windstille.

Saussure und Boussingault [6]) fanden in der Nacht mehr CO^2 in der Luft, als während des Tages, im Verhältnisse = 4,2 : 3,9.

Auf dem Lande wurde die CO^2-Menge mitunter (Lewy), jedoch nicht immer (Boussingault) geringer, als in Städten gefunden.

---

1) Die erste eudiometrische Untersuchung der atmosphär. Luft ist v. Humboldt u. Gay-Lussac, 21. Jan. 1805, s. Gilb. Ann. XX, 38. gemacht worden.

2) Dumas u. Boussingault, Ann. de ch. et phys. 1846. 3. Sér. III, 237. — Erdmann, Journal, XXIV, 65.

3) Vgl. u. A. Lewy in Ann. de Chim. 3. Sér., VIII, 425.

4) Vgl. Fourcroy in Journ. d. Phys. XLVII, 202. — Humboldt in Gilb. Ann. III, 77.

5) Saussure in Poggend. Ann. XIX. 391.

6) Boussingault in Ann. d. Ch. 3. Sér. X, 465.

Digitized by Google

Ziemlich constant findet sich in der Luft eine sehr geringe Menge von Ammoniak, welche wahrscheinlich von den vielen Zersetzungen organischer Körper auf der Erdoberfläche herrührt. Im Regenwasser fällt das Ammoniak, das sich verdichtete, wie der Wasserdampf tropfbares Wasser wurde, nieder. [1])

b) Ausgeathmete Luft. 93—145.

93. Die in den Lungen befindliche Luft ist von der atmosphärischen in vieler Hinsicht verschieden, und zwar α) durch die grössere Menge von Kohlensäure (CO^2) und die geringere von Sauerstoff; β) durch die höhere Temperatur; γ) durch mehr oder minder zufällige Beimischungen; δ) durch Verschiedenheit von Wasserdampf.

Die ausgeathmete Luft enthält daher neben den Substanzen, welche in der eingeathmeten sich finden, auch noch die in der Lunge ihr zugemischten.

a) Abnahme des Sauerstoffs — Zunahme der Kohlensäure. 94—141.

94. Die Lungenluft ist hauptsächlich deshalb verschieden von der eingeathmeten, weil ihre Quelle eine andere ist. Es tritt nämlich Luft aus dem Blute und mischt sich mit der eingeathmeten. Das Blut enthält (s. B. II. C) eine nicht geringe Menge von Luft eingeschlossen. Durch die Wandungen der feinsten Lungengefässe kann diese Luft austreten und durch die sehr dünnen Wände der infundibula in diese gelangen. Während die Luft, welche im Blute enthalten ist, aus demselben in die Lungen strömt, dringt die bereits in den infundibula vorhandene in die Gefässe. So besteht also unaufhörlich ein Aus- und Einströmen.

Strömungen in der Lungenluft.

95. Man kann sich auf leichte Weise das Durchdringen der Gase und insbesondere der CO^2 durch eine einfache Vorrichtung klar machen. Der Glascylinder (Fig. 18 *A* a. d. f. S.) ist mit kohlensäurehaltigem Wasser bis zur schraffirten Stelle gefüllt und durch eine Blase *b* oben zugebunden. Über die Blase ist noch ein Hütchen von Kautschuc gestülpt, welches in zwei Öffnungen ausgeht. In die eine wird ein kurzes Röhrchen *c* gebracht, um durch Wasser, welches man in dasselbe giesst, die Blase beständig nass zu erhalten. Mit der andern Öffnung steht ein elastischer Schlauch *d* in Verbindung, der in ein mit Kalkwasser gefülltes Kölbchen *E* mündet. Das Ganze wird durch einen Retortenhalter gestützt. — Schon nach ½—1 Stunde fängt das Kalkwasser sich deutlich zu trüben an, indem die CO^2 aus *A* durch die Blase in das Rohr und das Kölbchen tritt. — Hat man zum Vergleich einen zweiten Apparat hingestellt, in welchem der Cylinder *A* mit destillirtem Wasser gefüllt ist, so wird das Kalkwasser erst nach langer Zeit nur ein wenig getrübt. Diese Trübung rührt von dem Antheil von CO^2 her, welcher sich in der atmosphärischen Luft des Schlauches befindet.

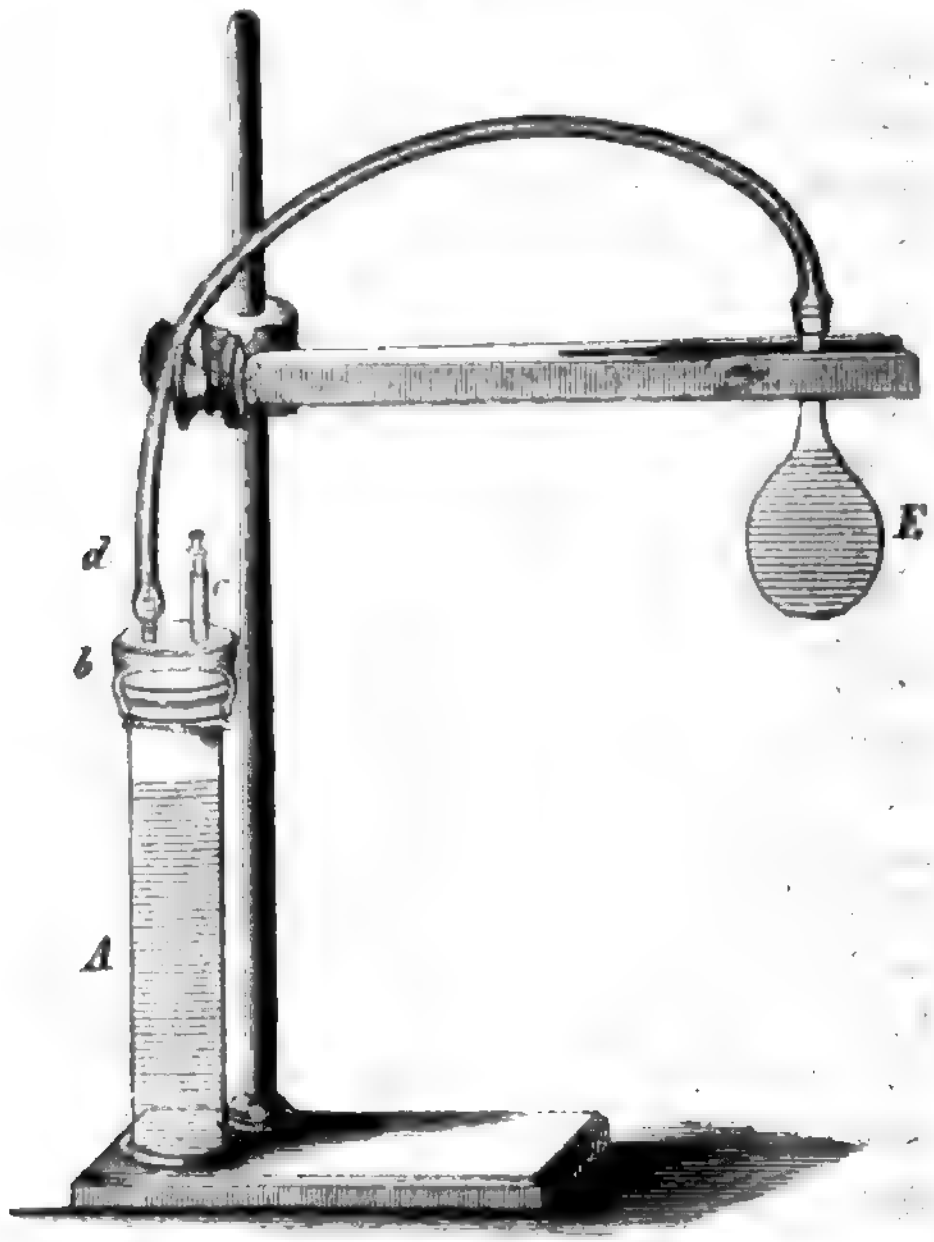
---

1) Liebig, Org. Chem. in Anw. auf Agricultur. Braunschw. 1841. S. 68.

Digitized by Google

96. In dem angegebenen Falle ist die CO^2 des Wassers ungleich dichter, als die ausserhalb, d. h. die der atmosphärischen Luft. Es gibt daher das Wasser so lange CO^2 ab, bis die Spannungen gleich sind. Bringt man dann in das Rohr wieder frische Luft, so ent-

Figur 18.



Apparat zur Diffusion der CO^2.

weicht von Neuem CO^2, und man kann den Process so lange wiederholen, bis die Spannung der CO^2 im Wasser und der CO^2 in der atmosphärischen Luft nahezu dieselbe ist.

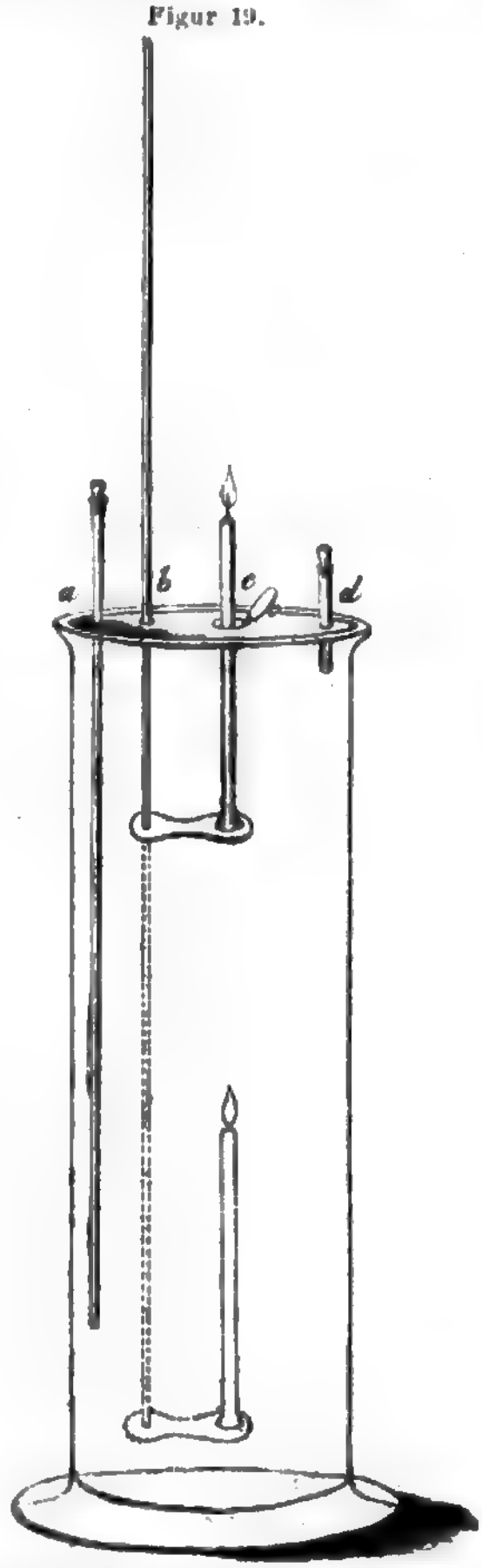
Diffusion. 97. Es findet in den Lungen eine doppelte, gegenseitige Luftströmung (Diffusion) Statt, nämlich erstens zwischen der eingeathmeten und der in den Lungen bereits vorhandenen Luft, und zweitens zwischen dieser und der Luft im Blute. Die erstere Strömung ist ebenso unaufhörlich, als die letztere, denn sie erfolgt auch zur Zeit, wo nicht geathmet wird.

Diffusion zwischen der eingeathmeten und der Lungenluft. 98. Man kann dies auf eine sehr einfache Weise darthun. In einen Glascylinder (Fig. 19), welcher mit einer vierfach durchbohrten Guttaperchaplatte verschlossen ist, gehen zwei Röhren, eine kurze *d* und eine lange *a*, dann ein kleines, durch die Zeichnung selbst verständliches Gestelle *b*, zum Halten einer Wachskerze *c*. Wird die

Digitized by Google

Kerze angezündet, dann in den Cylinder herabgesenkt und alle Öffnungen verschlossen, so dauert es je nach dem Volumen des Cylinders eine gewisse Zeit, ehe das Licht verlischt; so z. B. in dem, welchen ich gebrauche, 20 Secunden. Wird nun durch Ausziehen der Luft aus *a*, während *d* offen bleibt, der Cylinder von seiner CO^2 befreit, und macht man dann eine gewöhnliche Exspiration durch *d*, verschliesst wieder die Öffnungen, so verlischt das Licht in etwa 12 Secunden. Hält man hingegen, nachdem eine tiefe Inspiration gemacht ist, den Athem eine Zeit lang an, und exspirirt dann, so dauert es, wenn man lange genug anhielt, kaum eine Secunde bis zum Verlöschen. Man hat nicht Zeit, die Kerze bis an den Boden zu bringen. Dies dient zum klaren Beweise, dass in der Zeit, in welcher nicht geathmet wird, doch die Luft sich verändert. Es hat sich nämlich mit der eingeathmeten Luft nach und nach eine viel grössere Menge CO^2 gemischt.

Figur 19.



Apparat, die Veränderung der zurückgehaltenen Lungenluft zu veranschaulichen.

99. Über die Wirkung des Einhaltens des Athems hat Vierordt[1]) Versuche angestellt. Wurde nach vorhergegangener normaler Inspiration der Athem 20 bis 60 Secunden angehalten und nachher möglichst stark exspirirt, so war der Kohlensäuregehalt vermehrt, und zwar um so mehr, je länger das Einhalten stattfand (bei 20 Secunden 6,50%, bei 60 Secunden 7,44%). — Wurde hingegen vorher möglichst tief inspirirt, dann der Athem angehalten (was 100 Secunden lang geschehen konnte), endlich tief exspirirt, so fand sich auch mehr Kohlensäure, aber weniger als im vorigen Falle (bei 20 Secunden 4,80%, bei 60 Secunden 6,06%). Wurde nach gehindertem Luftzutritte bei verhergegangener normaler Inspiration eine Exspiration von normalem Volum gemacht, so war die Kohlensäuremenge gleichfalls vermehrt.

1) Vierordt in Wagner's Handw. II, 892.

Digitized by Google

100. In Versuchen, welche Becher [1]) anstellte, ergab sich, nachdem möglichst tief eingeathmet und dann der Athem zurückgehalten wurde:

0	Secunden	3,636%	CO^2,
20	„	5,582 „	„
40	„	6,265 „	„
60	„	7,176 „	„
80	„	7,282 „	„
100	„	7,467 „	„

101. Die Diffusion der Luft in den Respirationsräumen findet, wie leicht einzusehen, stärker in den tieferen Bronchien, als in den höheren und in der Luftröhre Statt. Da nun die in den oberen Theilen der Respirationswege befindliche Luft eher ausgeathmet wird, als die in unteren, so muss die erste Portion der ausgeathmeten Luft weniger CO^2 enthalten, als die letzte. Nach Allen und Pepys enthielt wirklich jene 3,5 bis 5%, diese 9,5%; nach Jurine die erste Portion 1,01 Kubikzoll, die zweite 1,05; die dritte 1,16; die vierte 1,51; nach Vierordt die erste Hälfte 3,72%, die letzte 5,44%.

Graham's Diffusionsgesetz.

102. Die Erfahrung [2]) hat gelehrt, dass ein specifisch leichteres Gas sich schneller ausbreitet, als ein specifisch schwereres; dass nach Graham die Volumina zweier Gasarten, welche unter übrigens gleichen Verhältnissen zu einander übergehen, umgekehrt wie die Quadratwurzeln ihrer specifischen Gewichte sich verhalten. Die atmosphärische Luft (sp. G. = 1) diffundirt rascher, als Kohlensäure (sp. G. = 1,5277). Diese Diffusion erfolgt im Anfange, in welchem die Gasarten zusammenkommen, schneller, als später; so dass also am Ende der Einathmung weniger atmosphärische Luft in die Tiefe der Lungen dringen wird, als im Anfange. Die Diffusion der genannten, in den Respirationsräumen über einander geschichteten Gase würde schon bei vollständiger Ruhe erfolgen. Wenn man einer Leiche atmosphärische Luft durch eine Spritze einbläst und eine kurze Zeit in der Brust lässt, dann sie wieder herausgehen lässt, so findet sich darin eine gewisse Menge CO^2. Im Leben kommt aber noch die Ventilation durch die Flimmerbewegung hinzu.

Diffusion zwischen der Luft in den Lungen und im Blute.

103. Bei der Diffusionsströmung zwischen der Lungenluft und der in der Blutflüssigkeit befindlichen kommen andere Gesetze in Betracht, als bei der eben behandelten. Es fragt sich nämlich zunächst, unter welchen Bedingungen entweicht die CO^2, welche vom Blute absorbirt ist. Dies hängt von der in den Lungen befindlichen CO^2 ab. Wenn

1) Becher, Kohlensäurespannung im Blut. Zürich 1855.

2) Vgl. besonders Berthollet in Mém. d'Arcueil II, 463, und Graham in Poggend. Ann. XVII, 341. XXVIII, 331.

Digitized by Google

die Dichtigkeit derselben geringer ist, als die im Blute, so dringt aus diesem das Gas in die Lungen, und zwar so lange, bis das Gleichgewicht hergestellt ist; wie dies oben bei Erklärung von Fig. 18 schon dargethan ist. — Stellen wir uns vor, das Blut flösse in ungestörter Weise fort, und das Athmen höre auf, so wird es bald einen Zeitpunct geben, in dem die CO^2 der Lungen eben so dicht wäre, als die des Blutes, und es würde kein Übergang stattfinden. In Wirklichkeit wird aber unaufhörlich von der Lungenluft durch die Exspiration ein Theil fortgeschafft und die CO^2 vermindert, dadurch die Verschiedenheit der Spannung der CO^2 beiderseits immer von Neuem erzeugt und stets wieder CO^2 aus dem Blute in die Lungen entleert.

Absorptionsgesetz nach Henry und Dalton.

104. Der Vorgang, unter welchem ein Gas von einer Flüssigkeit absorbirt wird, wurde zuerst von Henry und Dalton ermittelt. Aus ihren Untersuchungen hat sich ergeben, dass es nur von dem grössern oder geringern Drucke, mit andern Worten, der Dichtigkeit des Gases, welches über einer Flüssigkeit steht, abhängt, ob von dieser eine grössere oder geringere Menge von Gas verschluckt wird.

Wirkung verdünnter Luft.

105. Ist die Luft, welche eingeathmet wird, verdünnt, so treten Gase aus dem Blute in die Gefässe. Man findet Luft in den Venen und es erfolgt der Tod, was sich nach F. Hoppe [1]) dadurch erklärt, dass die Luft die Capillargefässe der Lungen verstopft und die Circulation dadurch aufgehoben wird.' Bei einem Luftdrucke von 50^{mm} Quecksilber traten bei einer Ratte plötzlich Convulsionen und Ohnmacht ein, bei 40^{mm} der Tod. Das linke Herz war leer.

Übertritt von Sauerstoff ins Blut durch chemische Verwandtschaft.

106. Der Übergang von Sauerstoff ins Blut und der Rücktritt von Kohlensäure in die Lungen werden aber sehr wesentlich durch chemische Verbindungen modificirt, welche diese Gase mit Blutbestandtheilen haben. Durch neuere, von L. Meyer, [2]) Fernet [3]) und W. Müller [4]) angestellte Untersuchungen ist nämlich dargethan, dass das Blut bei weitem nicht so viel Sauerstoff verschlucken kann, als in der Respiration von demselben übergeht, dass überhaupt die Aufnahme von Sauerstoff ins Blut von dem Drucke nur wenig abhängig ist. So z. B. absorbirte luftfrei gemachtes Kalbsblut bei Druckdifferenzen von 0,5872 bis 0,8357 beinahe gleich viel Sauerstoff, so dass also das Absorptionsgesetz auf den Sauerstoff wenig Anwendung zu finden

1) F. Hoppe in Müller's Archiv, 1857, S. 63. Vgl. auch Valentin in Moleschott's Unters. I. —

2) L. Meyer in Henle's und Pfeufer's Zeitschr. VIII, 256.

3) Fernet, Ann. des sc. nat. 1858, T. 8, p. 125.

4) W. Müller in der Wiener med. Wochenschr. 1858, S. 770. Liebig's Ann. CVIII, 257.

Digitized by Google

scheint, und der grösste Theil desselben eine chemische Verbindung mit Blutbestandtheilen eingeht.

Auch wird nicht alle CO^2 im Blute blos durch Absorption gehalten, sondern ein Theil ist auch chemisch gebunden. Vgl. das Weitere in dem Abschnitte über das Blut.

Die Wirkung der Spannung der CO^2 zeigt sich sehr eclatant an gefüllten Champagnerflaschen. So lange dieselben verschlossen sind, ist die Dichtigkeit der zwischen dem Korke und der Flüssigkeit befindlichen CO^2 so bedeutend und daher ihr Druck so stark, dass von der in der Flüssigkeit enthaltenen CO^2 Nichts entweicht. Es steigen keine Blasen auf. Sobald die Flasche geöffnet wird und die freie CO^2 entweichen kann, sobald also die Flüssigkeit nur unter dem Drucke der Atmosphäre steht, erheben sich die Blasen des kohlensauren Gases.

Ferner ist nach den oben angeführten Beobachtern der Druck jedes einzelnen Gases für seine Absorption bestimmend. Wenn also CO^2 und O über der Blutflüssigkeit stehen, so wird von jener und von diesem absorbirt, je nach der Dichtigkeit jedes einzelnen Gases, so dass beide unabhängig von einander und neben einander bestehen.

Bestimmung der Kohlensäure.

107. Je grösser die Menge von CO^2 im Blute ist, desto mehr kann in derselben Zeit in die Lungenzellen diffundiren. Man kann also von der Menge der ausgeathmeten CO^2 auf die Menge, welche das Blut aufgenommen hat, schliessen. Da aber diese wieder von dem Zustande der Ernährung des Körpers wesentlich abhängt, so ist die Bestimmung der CO^2 von der grössten Wichtigkeit.

108. Zu diesem Behufe bringt man in ein grosses Gefäss ausgeathmete Luft. Dieses muss mit einer Flüssigkeit gefüllt sein, welche abfliesst, wie die ausgeathmete Luft herein tritt. Würde man aber in Wasser ausathmen, so verschluckte dieses rasch eine gewisse Menge der Luft, und man erhielte kein richtiges Resultat. Viel genauer fällt dies aus, wenn man eine concentrirte Kochsalz- oder Chlorcalciumlösung benutzt, welche im Ganzen wenig Luft absorbirten; am Besten ist die Anwendung von Quecksilber, welches jedoch bei grossen Behältern wegen seiner Kostspieligkeit selten anwendbar ist. In dieser so gesammelten ausgeathmeten Luft wird dann auf gleich anzugebende Weise die CO^2 bestimmt.

Bei dieser Methode muss man sich durch öftere Übung daran gewöhnen, von dem regelmässigen Athmungstypus nicht abzuweichen, damit nicht durch die auf das Experiment verwandte Aufmerksamkeit schneller oder langsamer geathmet werde. — Nach derselben sind z. B. die Versuche von Valentin und Brunner[1]) und die sehr zahlreichen von Vierordt[2]) (600) gemacht worden.

1) Valentin und Brunner im Arch. für phys. Heilk. 1843, B. II.
2) Vierordt, Phys. d. Athmens. Berlin 1845, und in Wagner's Handw. II.

Digitized by Google

109. Eine andere Methode ist die, dass der Mensch oder das Thier in einen Behälter gebracht wird, der, mit Ausnahme zweier Öffnungen, überall luftdicht verschlossen ist. Durch eine dieser Öffnungen geht die ausgeathmete Luft heraus, in die entgegengesetzte andere geht reine Luft von aussen herein. Damit die ausgeathmete Luft beständig ausfliesst, wird mit der erstern Öffnung ein mit Wasser gefülltes Fass, welches mit einem Hahne versehen ist, in Verbindung gebracht. Wenn der Hahn geöffnet wird, so fliesst das Wasser aus und es dringt dafür ausgeathmete Luft in das Fass, und daher auch immer frische Luft durch die zweite Öffnung in den Aufenthaltsbehälter des Thieres. Man nennt eine solche Vorrichtung, wie hier das Fass ist, durch welche die Luft angesogen wird, Aspirator.

110. Bei dieser Methode wird die Ausscheidung durch Haut und Lungen erhalten. Sie wurde angewandt bei Menschen von Scharling, [1]) an Thieren von Regnault und Reiset [2]) u. A. Diese liessen durch eine eigene Vorrichtung die ausgeathmete Luft austreten, befreiten sie von der Kohlensäure, brachten den übrigen Theil wieder in den Behälter, in welchen gleichzeitig eine bestimmte Menge Sauerstoff wieder eingetrieben wurde, um die Luft immer rein zu erhalten.

111. Die Bestimmung der CO^2 geschieht entweder a) dem Gewichte, oder b) dem Volumen nach oder c) auf indirecte Weise.

Bestimmung der Kohlensäure dem Gewichte nach.

112. ad a. Man lässt die ausgeathmete Luft durch einen Körper streichen, der mit Begierde die CO^2 aufnimmt. Von den Mitteln, welche die CO^2 vollständig und rasch aufnehmen, verdienen am Meisten Empfehlung Ätzkali oder nach Mohr ein Gemenge von Ätzkali und Barythydrat. Wird nun das Gewicht einer mit solchen Substanzen gefüllten Röhre vorher bestimmt und dann zum zweiten Mal, nachdem die CO^2 absorbirt worden ist, so muss der Gewichtsüberschuss genau die Menge der CO^2 angeben. Jedoch muss zuvor dafür gesorgt werden, dass keine andere Substanz ausser CO^2 in der Röhre gleichzeitig zurückgeblieben und dass die gesammte CO^2 absorbirt ist. Zu dem erstern Zwecke lässt man die ausgeathmete Luft durch eine mit Chlorcalcium gefüllte Röhre durchgehen, wodurch der Wasserdampf vollkommen zurückgehalten wird, oder durch eine mit concentrirter Schwefelsäure gefüllte Flasche, wodurch die organische Substanz und auch das Wasser vollständig weggenommen werden. Zu dem zweiten Zwecke lässt man die Luft, welche durch die Absorptionsröhre gegangen ist, noch durch Kalkwasser oder eine Lösung von Kali und Baryt durchgehen; wenn sich diese klaren Lösungen nicht mehr trüben, so ist sicher alle CO^2 in der Hauptröhre absorbirt.

---

1) Scharling in Liebig's Ann. B. 45, p. 214.
2) Regnault und Reiset in Liebig's Ann. 1849. B. 73. 92. 129. 257.

Digitized by Google

113. Der Apparat, der mit der zum Austritte der exspirirten Luft bestimmten Öffnung in Verbindung steht, wird somit enthalten: 1) Eine Röhre mit Chlorcalcium oder Asbest mit Schwefelsäure getränkt; 2) eine Röhre mit Kali oder Kalibaryt; 3) eine oder zwei Wulf'sche Flaschen mit Kalkwasser; 4) den mit Wasser gefüllten Aspirator.

Figur 20.

Titrirometer.

Bestimmung der Kohlensäure durch die Titrirmethode.

114. Anstatt durch die Wage den Gewichtsüberschuss und somit die Menge der CO^2 zu bestimmen, wendet Mohr die Titrirmethode an. Er gebraucht dazu einen Absorptionsapparat, welcher mit dem oben (p. 88) beschriebenen Spirometer in Verbindung steht. Dieser Apparat ist in Fig. 20 dargestellt. Das geneigte Glasrohr hat zwei ungleiche Schenkel, welche jedoch so gestellt sind, dass ihre obern Enden in einer horizontalen Linie liegen, und enthält ein Gemenge von Ätzkali und Barythydrat im klar filtrirten Zustande. Die Luft steigt in kleinen Blasen, welche wie eine Perlenschnur ganz regelmässig hinter einander folgen, an dem wenig geneigten Schenkel langsam in die Höhe, wodurch die CO^2 vollkommen absorbirt wird. Mit der Hauptröhre stehen zwei kleine Wulf'sche Flaschen in Verbindung, deren Inhalt bei ruhiger Leitung nicht getrübt wird.

Der gebildete kohlensaure Baryt wird mit Salzsäure gelöst, das Chlorbaryum zur Trockne gebracht und dann das Chlor mit titrirter Zehent-Silberlösung (nämlich salpetersaures Silberoxyd, $^1/_{10}$ Atom = 10,797 Grm. Silber im Litre) und

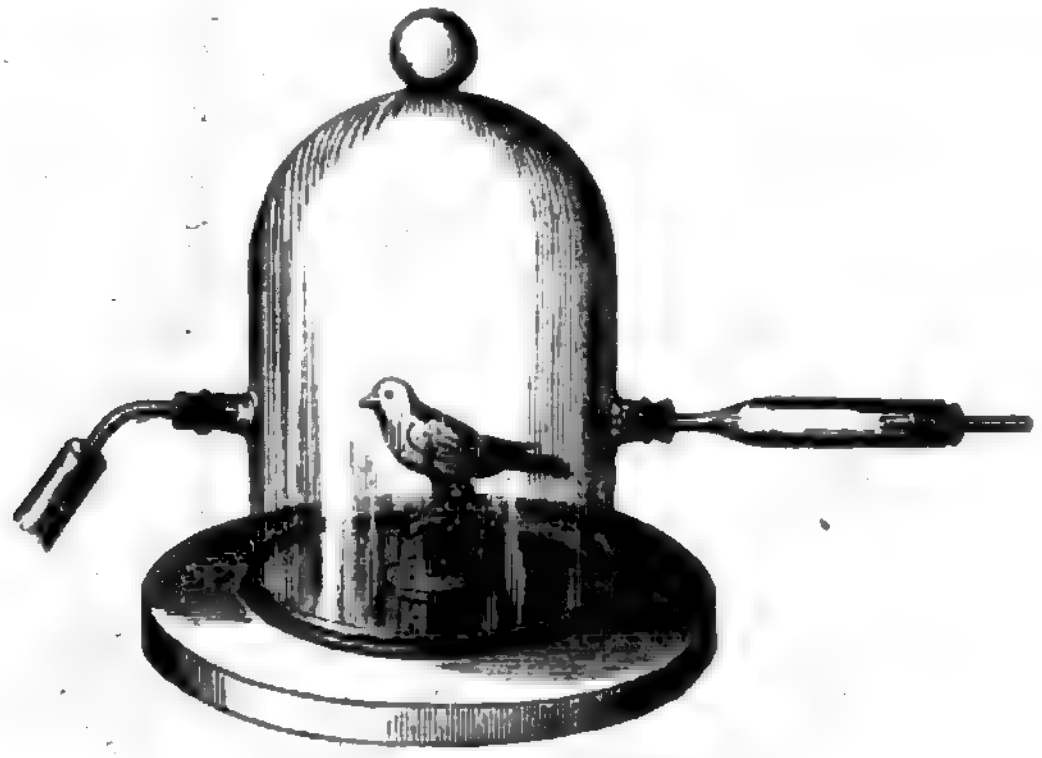
Digitized by Google

chromsaurem Kali bestimmt. [1]) Chromsaures Silberoxyd ist blutroth, die Farbe verschwindet aber augenblicklich, so lange noch ein Chlormetall in der Flüssigkeit vorhanden ist. Aus der Menge des genau titrirten chromsauren Silberoxyds lässt sich die Menge des Chlors bestimmen, und wiederum aus der Menge des Chlors, welches an die Stelle der CO^2 im Baryt getreten ist, die Menge von CO^2. — 1 C. C. Zehentsilberlösung entspricht 0,0022 Gramm. CO^2. Das Nähere vgl. bei Mohr, Lehrb. d. Titrirmeth. Braunschw. 1855. II, 10, 15 u. 161.

Bestimmung der CO^2 bei kleinen Thieren.

115. Um die ausgeathmete Kohlensäure kleiner Thiere zu bestimmen, bedient man sich einer Glocke (Fig. 21) mit zwei gegenüberstehenden Tubuli, welche auf einem geschliffenen Glasteller steht. An den einen Tubulus (rechts) befestigt man eine mit Kalk-Glauber-

Figur 21.



Respirationsapparat für kleine Thiere.

salz gefüllte Glasröhre, um alle Kohlensäure der atmosphärischen Luft aufzunehmen. Mit dem andern Tubulus setzt man den Absorptionsapparat Fig. 20 in Verbindung (Mohr).

Bestimmung des Procentgehaltes der Kohlensäure.

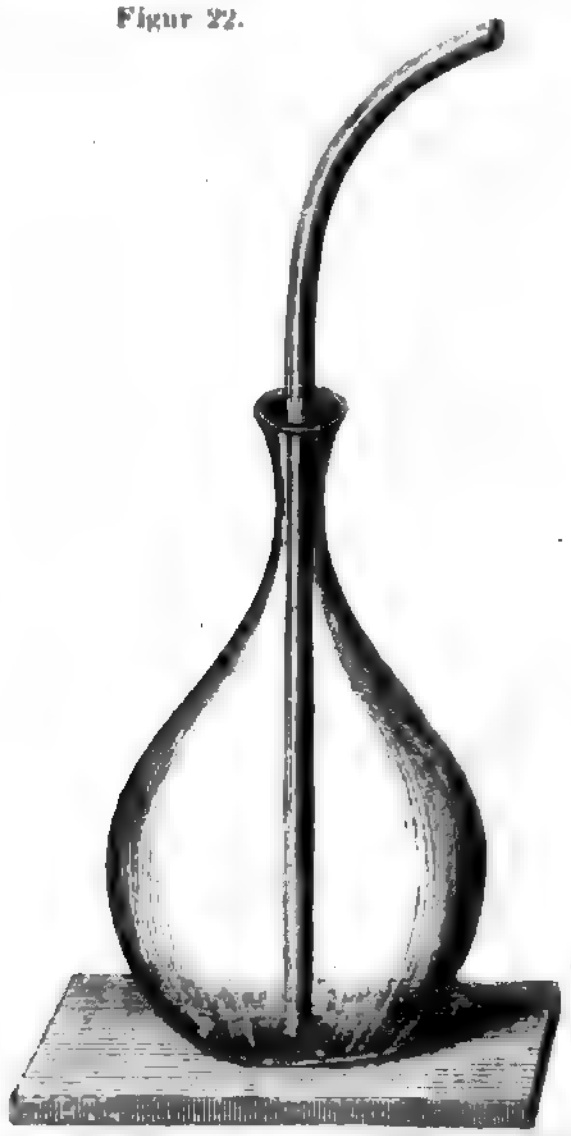
116. Will man nun den Procentgehalt der CO^2 aus einer beliebigen Menge ausgeathmeter Luft bestimmen, so füllt man durch wiederholtes Ausathmen eine Litreflasche mit ausgeathmeter Luft, indem man in die aufgesetzte Röhre (Fig. 22) ausathmet und beim Einathmen diese wieder einen Augenblick aus dem Munde nimmt. Zum Abfliessen des condensirten Wassers halte man die Flasche verkehrt, mit der Öffnung nach Unten. Hat man nun öfters genug Luft in die Litreflasche ausgeathmet, so entfernt man das Rohr und verstopft augenblicklich den Hals der Flasche mit dem Korkstopfen,

1) Die titrirten Flüssigkeiten sind in den chemischen Fabriken käuflich zu haben.

Digitized by Google

welcher sich an dem einen Ende der Glasröhre Fig. 23 befindet. Diese Röhre ist an dem andern Ende mit einem Kautschucrohr und Quetschhahn versehen, und mit Kalibaryt gefüllt. Durch Öffnen des Quetsch-

Figur 22.



Figur 23.

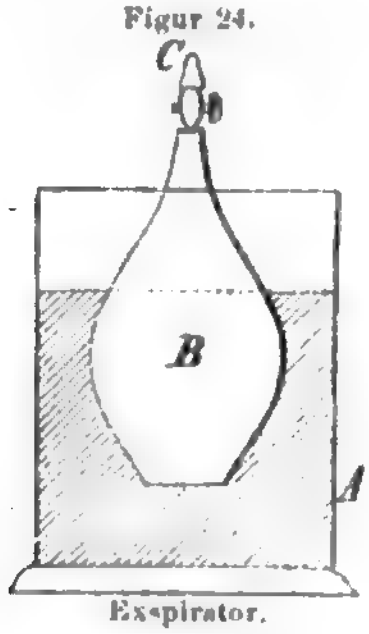
Zur Bestimmung des Procentgehaltes der Kohlensäure.

hahnes fliesst die Absorptionsflüssigkeit in die Flasche, wird hier öfters geschüttelt, und so verbindet sich rasch die CO^2 vollständig mit der Flüssigkeit. Der kohlensaure Baryt wird mit Salzsäure gelöst und weiter wie oben verfahren.

Bestimmung der Kohlensäure dem Volumen nach.

117. ad b. Um dem Volumen nach die CO^2 zu bestimmen, verfährt man nach Vierordt in folgender Weise. In einen geräumigen, mit Kochsalzlösung gefüllten Behälter (Fig. 24 *A*) wird ein gläserner, 9200 Kubikcentimeter haltender Ballon (Exspirator) *B* gesetzt, welcher nach Unten und Oben offen ist. Auf das obere, in einen Hals auslaufende Ende wird ein kurzes Ansetzröhrchen *c* geschraubt, durch welches man in den Exspirator *B* ausathmet, aus dessen unterem offenen Ende in dem Maasse, als das Gas sich ansammelt, die Kochsalzlösung in den Behälter ausfliesst. — An das obere Ende des Exspirators kann eine graduirte Röhre (Fig. 25) angeschraubt werden, welche nach Oben in eine Kugel *d* ausgeht; unten hingegen eine kleine

Figur 24.



Exspirator.

Digitized by Google

Flasche, welche Ätzkalilösung enthält. Die graduirte Röhre, Anthrakometer genannt, wird ohne die Flasche, mit concentrirter Kochsalzlösung gefüllt und auf den Exspirator geschraubt, damit die Luft nach geöffneten Hahnen in sie übergehen kann. Ist das Anthrakometer mit der ausgeathmeten Luft gefüllt, so schraubt man die Kaliflasche *e* an, schüttelt gehörig, um die Kohlensäure vollständig zu absorbiren. Sodann wird nach geschlossenem Hahne des Anthrakometer die Flasche entfernt, jenes in Wasser getaucht, und nach Öffnung des Hahnes beobachtet, wie hoch dieses steigt. Soviel beträgt das Volumen der Kohlensäure.

Figur 25.

Anthrakometer.

Bestimmung der Kohlensäure auf indirectem Wege.

118. ad c. Auf indirecte Weise wurde von Boussingault [1]) und Barral [2]) versucht, die CO^2 zu bestimmen. Der letztere nahm Turteltauben zu diesem Zwecke. Nachdem die sämmtlichen eingenommenen festen und flüssigen Stoffe nach ihren Elementen analysirt waren, also auch ihr Gehalt an Kohlenstoff, wurden auch alle Entleerungen ebenso untersucht. Zieht man den Kohlenstoff im Urin und in den Excrementen von dem in den Nahrungsmitteln enthaltenen ab, so giebt die Differenz die Ausscheidung durch Haut und Lungen an, vorausgesetzt, dass das Körpergewicht sich nicht verändert hatte.

Aus den genauesten Untersuchungen sind folgende Resultate über die Menge der entleerten CO^2 hervorgegangen:

Menge der Kohlensäure in der ausgeathmeten Luft.

119. Es enthalten 100 Raumtheile ausgeathmeter Luft im Mittel nur 16,03 Sauerstoff, dagegen 4,334 Kohlensäure (Vierordt). Mit jedem Athemzuge gehen etwa 0,96 C. Z. Sauerstoff in das Blut und kommen 0,86 C. Z. Kohlensäure heraus. In runder Summe mag ungefähr ein erwachsener Mensch in 24 Stunden 25000 bis 35000 rh. C. Z. (447500 bis 566500 C. C.) oder 20 bis 27 Unzen Sauerstoff verbrauchen und 22000 bis 30000 rh. C. Z. (393800 bis 537000 C. C.) oder 23 bis 33 Unzen Kohlensäure (6,27 bis 8,5 Kohlenstoff) abgeben. Diese Zahlen sind jedoch nur annähernd. Sie ändern sich nach Individualität, Lebensart, Klima u. s. w., selbst die Untersuchungsweise bewirkt Verschiedenheit der Resultate.

Scharling machte seine Untersuchungen an sechs Menschen, die sich längere Zeit in einem grossen, luftdichten Kasten aufhielten, zu dem immer durch Aufsaugen vermittelst eines Aspirators frische Luft zutreten konnte. Die untersuchte Kohlensäure stammte sowohl aus

1) Boussingault, in Ann. de chim. T. XI, 1844, p. 433.
2) Barral, ibid. T. XXV, 1849.

Digitized by Google

den Lungen, als auch aus der Haut. In folgender Tabelle finden sich die Resultate seiner Untersuchungen übersichtlich zusammengestellt:

Alter.	Geschlecht.	Körpergewicht.	Quantität des in einer Stunde entleerten Kohlenstoffs in Gran.	in Grammen	auf 24 Stunden berechnet in Unzen.	in Grammen.	berechnet auf 100 Pfd. Körpergewicht in 24 St. in Unzen.
35	männlich	131	145,8	8,9	7,29	213,6	5,5
16	männlich	115,5	151,6	9,3	7,58	220,8	6,6
28	männlich	164	161,5	9,8	8,01	235,2	4,9
19	weiblich	111,5	111,4	6,8	5,57	163,2	4,9
9¼	männlich	44	90,58	5,4	4,4	129,6	10.27
10	weiblich	46	84,9	5,2	4,2	124,8	9,1

Um aus dem Kohlenstoffe die Kohlensäure zu berechnen, bemerke man, dass in 22 Gewichtstheilen CO^2 6 C und 16 O enthalten sind.

Menge des eingeathmeten Sauerstoffs unter verschiedenen Verhältnissen.

120. Es wird bei dem Einathmen mehr Sauerstoff in die Lungen geführt, als in der ausgeathmeten Kohlensäure enthalten ist. Die Menge des vom Blute absorbirten Sauerstoffs wird von den verschiedenen Beobachtern verschieden angegeben und wechselt in den einzelnen Versuchen. Sie kann $^1/_{30}$ der gesammten eingeathmeten Luft betragen, aber auch nur nahe $^1/_{2000}$. Diese Verschiedenheit mag im wechselnden Verhalten des Blutes liegen. — Dulong giebt an, dass alle seine Beobachtungen in Übereinstimmung mit denen von Gay-Lussac beweisen, dass mehr Sauerstoff (etwa $^1/_{10}$) verschwindet, als in der erzeugten Kohlensäure enthalten ist; bei pflanzenfressenden Thieren zeigte das Plus nicht über $^1/_5$, bei Hunden und Katzen hingegen bis $^1/_2$. Ebenso Despretz[1]). Es mögen in 24 Stunden durch das Einathmen ungefähr 2 bis 4 Unzen (58 bis 116 Grm.) Sauerstoff mehr in das Blut kommen, als durch die Kohlensäure ausgeleert werden. Oder, was dasselbe ist: ein Theil des eingeathmeten Sauerstoffs wird dazu verbraucht, den Kohlenstoff im Blute zu oxydiren, ein anderer Theil dient zu anderen Oxydationen, z. B. des Schwefels. Regnault und Reiset haben gefunden, dass, wenn Thiere hungern oder Fleischkost haben, verhältnissmässig weniger Sauerstoff zur Bereitung von Kohlensäure und mehr zur Bildung anderer Oxydation verwendet wird.

Veränderlichkeit des Kohlensäuregehalts durch verschiedene Einflüsse.

121. Die Veränderungen, welche die Menge der in der ausgeathmeten Luft enthaltenen Kohlensäure erleiden kann, können wesentlich von drei Ursachen abhängen. Entweder nämlich ist 1) die Quantität

1) Despretz in Ann. d. ch. 1823. T. 27. — Dulong in Schweigg. Journ. 1823, B. XXXVIII.

Digitized by Google

dieses Gases im Blute, oder 2) die Diffusion der Gase in den Lungen, oder es sind 3) die Athembewegungen verändert.

122. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Verbrennung, welche die Kohle im Körper bei Bildung der CO^2 erleidet, in gradem Verhältnisse zu dem Verbrauche steht, den die Körpertheile während des Lebens erfahren, da kein Körpertheil irgend eine lebendige Action ausführen kann, sei es nun eine Bewegung, eine Empfindung oder eine Absonderung, ohne dass dabei Stoff desselben verbraucht wird. Niemals aber wird thierischer Stoff verbraucht, ohne dass sein Kohlenstoff, der stets in ihm enthalten ist, eine Verbrennung eingeht, d. h. sich mit Sauerstoff verbindet. Die Kohlensäurebildung ist daher ein Massstab des Verbrauchs, es mag derselbe durch Krankheit, durch grössern oder geringern Zufluss von Sauerstoff, durch Leidenschaften oder Gemüthsruhe, durch grössere oder geringere willkürliche oder instinctartige Bewegungen, oder wodurch immer im einen Falle vermehrt, im andern vermindert sein. — Die Kohlensäure ist auf der andern Seite vorzugsweise das Mass für die Arbeit, welche der Körper verwendet, um Wärme zu produciren.

123. Zwischen Sauerstoffaufnahme, dem Stoffverbrauche im Körper, der Kohlensäurebildung, sowie zwischen den chemischen Oxydationsprocessen, den mechanischen Arbeiten, welche der Körper zu verrichten hat und der Wärmeproduction ist eine untrennbare Verwandtschaft.

124. Kleinere sehr bewegliche Vögel und Säugethiere erzeugen relativ mehr CO^2, als grössere. Ein Sperling von 22 Grm. Gewicht bereitete in 9 St. 6 M. 2,140 Gramm. CO^2. — Ein Huhn von 1280 Gramm. Gewicht bereitete in 63 St. 5 M. 107,232 Gramm. CO^2. [1]) — Mit andern Worten, das Huhn entleert in derselben Zeit verhältnissmässig etwa 8—9 Mal weniger CO^2, als ein Sperling. — Ebenso verzehren kleine Vögel fast zehnmal mehr Sauerstoff als grössere. Körpergrösse.

Ein Kaninchen von 1190 Gramm. entleerte 1,146 Litre CO^2, ein anderes von 990 Grm. 0,806 in der Stunde, d. h. letzteres verhältnissmässig fast um die Hälfte mehr. [2])

125. Nach einigen Untersuchungen von Andral und Gavarret [3]) wurden entleert im Alter von Alter.

12 — 16	Jahren	15	Litre.			
17 — 19	„	20	„			
25 — 32	„	22	„			
32 — 60	„	20	„			
63 — 92	„	15,3	„			
110	„	11	„			

1) Regnault u. Reiset in Liebig's Ann., B. 73, p. 287 u. 293.
2) Dulong in Mém. de l'acad. XVIII, 345.
3) Andral und Gavarret in Ann. d. Ch. 1843, VIII, 129.

Digitized by Google

Kohlensäure in der Stunde, oder als Kohlenstoff:

Alter in Jahren.	Stündlich entleerter Kohlenstoff in Grammen.	Auf 24 Stunden berechnet in Grammen.	in Unzen.
8	5,0	120	4,1
11	7,6	182,4	6,2
17	10,2	244,8	8,3
24	11,6	278,4	9,5
68	9,0	216	7,38

Bei Menschen wird in jüngern Jahren relativ mehr Kohlensäure entleert, als später, weil während des Wachsthums der Verbrauch grösser ist. So sonderten nach Scharling 100 Pfd. Körpergewicht eines $9^3/_4$ Jahre alten Knaben in 24 Stunden 82,5 Grm. CO^2 aus und dasselbe Gewicht eines Erwachsenen von 35 Jahren nur 34,5 Grm. CO^2. [1])

126. Hingegen können neugeborene Thiere und Menschen das Athmen ziemlich lange entbehren und der Verbrauch der Luft scheint wie der Trieb zu den Respirationsbewegungen geringer zu sein. Nach W. Edwards ist das Athembedürfniss bei Thieren, welche mit geöffneten Augen geboren werden, wie Meerschweinchen, grösser als bei blindgeborenen, wie Hunden. [2])

Einfluss des Geschlechts.

127. Das weibliche Geschlecht scheidet weniger Kohlensäure ab, als das männliche. In den Jahren vor der Pubertät ist der Unterschied jedoch zwischen beiden Geschlechtern gering. Nach Andral und Gavarret entleert im Mittel (aus vier Beobachtungen) ein Mädchen zwischen 10 und 15 Jahren, ehe also seine Menstruation eingetreten ist, in der Stunde 6,4 Grm. Kohlenstoff, ein Knabe im Mittel (aus sieben Beobachtungen) 7,4 Grm. Kohlenstoff. Mit dem Eintritte der Menstruation hingegen sondert das Weib nicht viel mehr ab als früher, und beträchtlich weniger als der Mann. Im Mittel aus sieben Beobachtungen an weiblichen Individuen von 15 bis 45 Jahren, also während der Zeit der Menstruation, ergab sich für die Stunde 6,24 Grm. Kohlenstoff; an männlichen Individuen zwischen 15 und 20 Jahren im Mittel aus fünf Beobachtungen 10,7 Grm. für die Stunde; zwischen 20 und 30 Jahren im Mittel aus sechs Beobachtungen 11,9 Grm.; zwischen 30 und 40 Jahren im Mittel aus zwölf Beobachtungen 11 Grm. Das Mittel aus allen diesen Beobachtungen ergiebt bei dem Manne 11,2, und das Verhältniss zwischen männlichem und weiblichem Geschlechte ist = 17 : 10. — Nach dem Aufhören der Menstruation, in den Jahren zwischen 39 und 49, nimmt

1) Scharling in Liebig's Ann. B. 45.

2) Man vgl. Buffon, Hist. nat. I, 20. — Legallois, Sur le principe de la vie, p. 57. — W. Edwards, De l'influence des agents phys. 3. part., Ch. V. Maschka in Prager Vierteljahrschr. 1854, B. III, p. 1.

Digitized by Google

die Kohlensäurequantität wieder etwas zu. Im Mittel aus elf Beobachtungen an Frauen von 38 bis 82 Jahren, nach dem Aufhören der Menstruation, betrug die Menge des ausgeschiedenen Kohlenstoffs 7,08 Grm. für die Stunde (Minimum 6,0, Maximum 9,9). — Während der Schwangerschaft wird mehr Kohlenstoff entleert, als in demselben Lebensalter ausser der Schwangerschaft; in vier Beobachtungen waren für die Stunde folgende Quantitäten entleert: 7,8, 8,1, 7,5, 8,4 Gramm., im Mittel 7,9 (Andral und Gavarret).

Körperthätigkeit.

128. Die körperliche Thätigkeit befördert die Menge der ausgeathmeten CO^2. Die sehr beweglichen Insecten (Schmetterlinge und Hautflügler) erzeugen mehr Kohlensäure, als die trägeren Käfer (Treviranus). Eine Hummel im Zustande der Ruhe producirt in 24 Stunden nur eben soviel, als während 1 Stunde bei grosser Bewegung. [1])

129. Warmblütige Thiere erzeugen mehr CO^2 als kaltblütige. Von

100 Gran	Frosch	werden	0,05	C.-Z.
100 „	Säugethier	„	0,52	„
100 „	Vogel	„	0,97	„

Kohlensäure in 100 Minuten nach Treviranus [2]) exhalirt. Bei einer Temperatur von 22° R. produciren Bienen drei Mal so viel als bei einer Temperatur von 11½° R. (Treviranus).

130. Durch Bewegungen und Anstrengungen nimmt die Ausscheidung bis zu einer gewissen Grenze zu. Nach einem Spaziergange ohne Ermüdung sah Prout [3]) die Kohlensäuremenge zunehmen im Verhältniss von 3,45 zu 3,60; in einem Falle grosser Ermüdung abnehmen von 4.10 auf 3.20 in einer Stunde. — Dasselbe bestätigt Vierordt, [4]) der die Zunahme auf die Minute 19,63 C.-Cent. CO^2 im Mittel anschlägt. — Dabei stieg die Zahl der Athemzüge und die Menge der verbrauchten Luft. Seguin [5]) athmete in der Ruhe 1210 C.-Z. Sauerstoff in der Stunde, und als er 15 Pfund 613 Fuss hoch trug, 3200 C.-Z. — Ein Pferd entleerte in einer Stunde bei voller Ruhe 172 Litres, nach einem Laufe 376 (Lassaigne [6]).

Schlaf.

131. Im Schlafe vermindert sich die Menge der CO^2. — Nach Prout [7]) wurde während der Nacht 3,3%, um Mittag 4,1% CO^2;

---

1) Newport in Philos. transact. 1836, p. 554.
2) Treviranus, Zeitschr. f. Phys. IV. 1, p. 23.
3) Prout in Ann. of Philos. 1813 II, 335 fg.
4) Vierordt in Wagner's Handw. II, 886.
5) Lavoisier in Mém. de l'acad. 1785, p. 575. Auch Jurine in Mém. de la soc. de méd. X, 64.
6) Lassaigne in Gaz. des hôpit. 1849, p. 229. Vgl. auch Erlach, Vers. über Persp., Bern 1846.
7) Prout, Ann. of. philos. II, 328, IV, 331.

Digitized by Google

nach Scharling [1]) Nachts zwischen 11 und 12 Uhr bei einem Schlafenden 22,77 Gramm. CO^2, bei demselben am andern Tage nach der Mahlzeit 33,69 in der Stunde ausgeschieden; Horn [2]) fand im Mittel von früh 7 bis Abends 9 Uhr 4%, von da bis früh 2,8% CO^2. Nach Boussingault [3]) exhalirte eine Turteltaube in der Nacht 94, bei Tage 59 Centigramme CO^2, nach Lehmann [4]) entleerten 1000 Grm. Feldtauben in 1 Stunde des Morgens 6,156 Grm., des Nachts 4,950 Grm. CO^2.

132. Sogleich nach dem Erwachen ist der CO^2-Gehalt grösser und nimmt schon nach ½ bis 1 Stunde wieder ab.

133. Die Säugethiere, welche dem Winterschlafe unterworfen sind, absorbiren weniger Sauerstoff und sondern weniger Kohlensäure aus, wie die übereinstimmenden Versuche von Mangili [5]), Prunelle [6]), Regnault und Reiset [7]), und Valentin [8]) nachweisen. So z. B. athmeten Murmelthiere auf 1 Kilogramm. und 1 Stunde berechnet in Grammen,

wenn sie vollkommen wach waren	0,973	O.	1,076	CO^2,
„ „ schlaftrunken „	0,575	„	0,569	„
„ „ leise schliefen	0,144	„	0,125	„
„ „ im tiefsten Schlafe .	0,023	„	0,0144	„

134. Ebenso fand Newport [9]) bei Schmetterlingen im Raupen- Puppen- und entwickelten Zustande einen bedeutenden Unterschied.

Einfluss des Nahrungsmangels.

135. Mangel an Nahrung vermindert die Zahl der Athemzüge und die Quantität des aufzunehmenden Sauerstoffs und der abgeschiedenen Kohlensäure, wie dies die Beobachtungen an Menschen, welche die Hungercur durchmachen (Struve), sowie an hungernden Thieren (Chossat, Marchand, Boussingault, Letellier, Regnault und Reiset, Bidder und Schmidt) gezeigt haben. So z. B. verzehrten vier Frösche am Tage, nachdem sie gefangen waren, in 24 Stunden 3,26 Gran Sauerstoff und schieden aus 0,96 Gran Kohlenstoff; vier Wochen später, während welcher Zeit sie hungerten, verzehrten sie nur 2,40 Gran Sauerstoff und schieden aus 0,73 Gran Kohlenstoff (Marchand). 1000 Gran Turteltaube entleerten in 1 Stunde 4 Grm.

---

1) Scharling l. c.
2) Horn, Neue med. chir. Zeitung 1850.
3) Boussingault, Ann. de chim. 1844 T. 44, p. 444.
4) Lehmann, Phys. Chemie III, 404.
5) Mangili in Ann. du Mus. d'hist. nat. t. IX, 110.
6) Prunelle ib. t. XVIII, 56.
7) Regnault u. Reiset in Liebig's Ann., B. 73, p. 275.
8) Valentin in Moleschott's Unters. II, 285.
9) Newport in Phil. Transact. 1836, p. 552.

Digitized by Google

169 CO^2 aus, nach 7tägigem Hungern nur 2,050 Grm. (Boussingault). Bidder und Schmidt [1]) beobachteten, dass die CO^2 bei Nahrungsentziehung einer Katze in den ersten sechs Tagen am Meisten abnahm, sodann weniger, zuletzt wieder etwas zunahm. Schon wenn einige Stunden das Mittagsmahl verschoben wird, nimmt die Menge der entleerten Kohlensäure und die Zahl der Athemzüge ab (Vierordt).

136. Nach der Hauptmahlzeit nimmt die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure zu (Spallanzani, Prout, Scharling u. A.).

Eine Katze, welche in 24 Stunden

erhielt		inspirirte		exspirirte		
Gramm.		Gramm.		Gramm.		Gramm.
142,41	Fleisch	60,14	Sauerstoff	65,60	CO^2	30,88 Wasser.
247,32	„	103,84	„	113,52	„	47,86 „

137. Nach dem Genusse von Spirituosen wird eine geringere Menge von Kohlensäure ausgeschieden (Prout, Vierordt).

138. Thiere, welche lange Zeit hungern können, z. B. Amphibien, verzehren nicht so viel Sauerstoff, als Thiere, welche ein grosses Nahrungsbedürfniss haben, z. B. Vögel.

Einfluss des Luftdrucks.

139. Bei hohem Barometerstand ist die Zahl der Athemzüge und Pulsschläge grösser, hingegen die Quantität der ausgeathmeten Kohlensäure geringer, als bei tieferem (Prout, Vierordt). So z. B.

Barometerstand.	Pulsschläge.	Athemzüge.	Kohlensäure.	Beobachter.
27′,5	71,1	11,40	276,82 C.C.	Vierordt
28′,33	72,1	12,28	254,18 „	„
28′,72	83	16,9	—	Hutchinson.
30′,26	84,3	19,3	—	„

140. Lehmann setzte Kaninchen und Zeisige allmälig einem steigenden Luftdrucke aus. 1000 Gramm. Zeisig exspirirten

bei 739^{mm} Quecksilber 13° C. 5,921 Gramm.;
„ 805 „ „ 13° „ 6,313 „

1000 Gramm. Kaninchen

bei 704^{mm} Quecksilber 15° C. 0,529 Gramm.
„ 810 „ „ 15° „ 0,600 „

Einfluss der willkürlich vermehrten und gehemmten Respiration.

141. Wird in einer gewissen Zeit häufiger, als gewöhnlich geathmet, z. B. in einer Minute statt 12 Mal 96 Mal, also 8 Mal mehr, so wird natürlich auch mehr Luft entleert und die Quantität der Kohlensäure ist vermehrt (Vierordt). Folgende Tabelle von Vierordt gibt den Beleg:

1) Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte, p. 308 u. 340.

Digitized by Google

Ausathmungen in 1 Minute.	Kohlensäure in 100 Vol. exspirirter Luft.	In 1 Minute ausgeathmete		Durch eine Exspiration ausgeathmete Kohlensäure
		Luft	Kohlensäure	
		in Cubikcentimetern.		
6	5,7	3000	171	28,5
12	4,1	6000	246	20,5
24	3,3	12000	396	16,5
48	2,9	24000	696	14,5
96	2,7	48000	1296	13,5

In 100 Theilen exspirirter Luft bei normalem Athmen ist hingegen mehr Kohlensäure (4,3%) enthalten, als bei vermehrter Frequenz (z. B. bei fünfmaliger Vermehrung (2,48%) (Vierordt).

δ) Temperatur der ausgeathmeten Luft.

142. Da die umgebende Luft in unseren Gegenden sich meist zwischen — 10 und + 22° R. bewegt, die ausgeathmete Luft hingegen nur bei beträchtlicher Temperaturabnahme um einige Grade (bei — 5° R. Lufttemperatur + 23,8° R. nach Valentin[1]) kälter, sonst aber so warm, wie der übrige Körper (35—37½ C.) sich zeigt (Lavoisier, Valentin), so entzieht das Athmen dem Blute beständig eine beträchtliche Menge Wärme. — Wird der Körper in eine künstlich erwärmte Luft von 80° R. gebracht, so ist die Verdunstung so stark, dass die ausgeathmete Luft, welche gegen das Thermometer weht, dieses bis zu 28° sinken macht (Blagden in Phil. Transact. 1775, p. 111). In einem dieser Versuche stieg der Puls auf 130 bis 140. Die Respiration schien ungestört.

γ) Andere Beimischungen der ausgeathmeten Luft.

143. Bei dem Ausathmen wird nicht nur Kohlensäure entleert, sondern auch sehr kleine, fast unbestimmbare Mengen von Ammoniak (Marchand[2]), nach Thomson in 24 Stunden 0,070 Grm., nach Reuling 0,01872), schwefelhaltigen Gasen (Regnault und Reiset) und organischen Materien, auch verliert der Körper dabei Wasser und Wärme.

Das ausgeathmete Ammoniak scheint lediglich von dem Ammoniak herzurühren, welches sich in der Luft beständig findet (Reuling[3]). — Die Anwesenheit von organischen Substanzen in der ausgeathmeten Luft bemerkt man leicht dadurch, dass sich Schwefelsäure durch dieselbe bräunt.

Stickstoff.

144. Die Untersuchungen von Valentin und Brunner[4]), sowie die von Regnault und Reiset[5]) haben gezeigt, dass beim Aus-

1) Valentin, Lehrb. d. Phys. I, 533.

2) Marchand in Journ. f. pract. Chemie XXXIII, 135. — Thomson, Philos. mag. XXX, 124.

3) Reuling, Ammoniakgehalt der exspir. Luft. Giessen, 1854.

4) Valentin und Brunner, Archiv f. phys. Heilk. II, 273 fg.

5) Regnault und Reiset in Ann. d. chim. et phys., 3. Sér. XXVI, 32 fg. Liebig und Wöhler, Ann. B. LXXIII.

Digitized by Goog

athmen jedesmal noch Stickstoff entwickelt wird, so lange die Thiere ihre gewöhnliche Kost erhalten. Auch Boussingault [1]) beobachtete, dass die Excremente weniger Stickstoff enthielten, als die Nahrung, und schloss daraus, dass Stickstoff ausgeathmet werden müsste. Ebenso Barral [2]). Die Menge desselben ist aber sehr gering und erreicht meistens noch nicht 1% des verzehrten Sauerstoffs. Hungernde und kranke Vögel, zuweilen auch hungernde Säugethiere, entwickeln indess keinen Stickstoff, sondern absorbiren sogar sehr kleine Mengen. Bei Cobitis fossilis (Schlammpeizger), einem Fische, der wegen seines Darmathmens bekannt ist, fand Baumert [3]) die Menge des ausgeathmeten Stickstoffs in der Regel vermindert.

b) Wasserdampf in der ausgeathmeten Luft.

145. Je trockner die eingeathmete Luft ist, desto mehr Wasser verliert das Blut durch das Athmen und desto mehr werden die Lungen und ihre Gefässe ausgetrocknet. Da die Temperatur der Lungen meist beträchtlich höher, als die der Atmosphäre ist, und da eine erwärmte Luft mehr Wasserdunst aufzunehmen vermag, als eine kältere, da endlich die ausgeathmete Luft fast gesättigt von Wasserdunst ist, so erklärt sich der beträchtliche Wasserverlust beim Ausathmen, den Einige im Mittel auf ein Pfund am Tage schätzen.

2) Wirkung der atmosphärischen Luft auf das Athmen im Vergleich mit andern Gasarten. 146—152.

Athembare und nicht athembare Gasarten.

146. Nur die atmosphärische Luft ist für die Dauer athembar. Auf kurze Zeit können jedoch auch Sauerstoff und Stickstoffoxydulgas ohne Schaden geathmet werden. Alle übrigen Gasarten tödten rasch. In andern Gasarten als der atmosphärischen Luft entwickeln sich auch die Eier, trotz der passenden Temperatur, nicht, es entstehen zwar die ersten Erscheinungen, zur Entstehung von rothem Blute kommt es aber nicht (Viborg, Schwann, Baudrimont und St. Ange).

147. Das Athmen von reinem Sauerstoff können Menschen zehn Minuten aushalten (Davy). Erscheinungen regerer Lebensthätigkeit, Pulsfrequenz, Hitze, Wohlbehagen treten zuerst ein, dann folgt Beklemmung, das Venenblut wird hellroth. Nach Bernard [4]) wird der sonst alkalische Urin von Kaninchen, welche ¼ Stunde Sauerstoff athmen, sauer und enthält viel Harnstoff. Es wird mehr Sauerstoff ins Blut aufgenommen, als wenn atmosphärische Luft eingeathmet wird. Bernard beobachtete, dass Venenblut mit Sauerstoff geschüttelt 16 Volumprocente, mit atmosphärischer Luft nur 10% davon

1) Boussingault in Ann. d. chim. et phys., 2. Sér. LXI, 128.
2) Barral in Compt. r. XXVII, 361.
3) Baumert in Liebig's Ann., B. 88.
4) Cl. Bernard, Lec. sur les effets des subst.-toxiqu. Paris 1857, p. 129.

Digitized by Google

verschluckt. Allen und Pepys[1]) athmeten eine künstlich gemischte Luft ein, welche anstatt 21% wie die atmosphärische, etwas mehr als 97,5% Sauerstoff und nicht ganz 2,5% Stickstoff enthielt. In der ausgeathmeten Luft fanden sich 38% Sauerstoff (anstatt dass nach gewöhnlichen Verhältnissen [s. No. 119] sich 16,03% hätten finden sollen). In 9½ Minute wurden von der angegebenen Mischung 53464 Cubikcentimeter eingeathmet, dagegen nur 52365,2 ausgeathmet, es wurden mithin 1098,8 vom Blute absorbirt, d. h. über 2%, was bei Weitem die normale Menge (No. 119) übersteigt. — Auch Marchand fand, dass 100 Gramme Frosch in 24 Stunden in atmosphärischer Luft 0,1741 Gr., in Sauerstoff dagegen 0,2237 Gr. Sauerstoff absorbiren. — Allen und Pepys beobachteten ferner, dass in der ausgeathmeten Luft mehr Stickstoff als in der eingeathmeten vorhanden war. In den 53464 C. C. der eingeathmeten Luft waren 1328,4 Stickstoff, in der ausgeathmeten 3141,9, also 1813,5 mehr. — Endlich war in jenen Versuchen auch die Kohlensäure-Ausscheidung um etwas vermehrt. Indess war diese Vermehrung nur sehr unbedeutend und fehlte oft ganz. Regnault und Reiset beobachteten bei Thieren, die eine Luft athmeten, welche zwei und drei Mal mehr Sauerstoff als die atmosphärische Luft enthielt, nicht nur gar keine Beschwerden, sondern auch keine Veränderungen der Respirationsproducte.

148. Das Stickstoffoxydulgas lässt sich einige Minuten lang athmen (Davy[2]). Es wirkt berauschend, was mitunter lange nachhält. Länger eingeathmet wirkt es erstickend. Die Untersuchung (Davy) der nach dem Athmen dieses Gases exspirirten Luft zeigte, dass es in grosser Menge ins Blut aufgenommen wird. Das arterielle Blut fand Davy bei Thieren, welche dies Gas geathmet hatten, purpurroth, nach dem Tode waren die Lungen mit Flecken besetzt, das Gehirn dunkel, die Muskeln verloren rasch ihre Reizbarkeit.

149. Auch das Wasserstoffgas, das eine Minute lang geathmet werden kann (Davy), wirkt berauschend; dann erregt es Beklemmung, Schwindel, Lähmung.

150. Zu den giftigsten Gasarten gehören die Kohlensäure, das Kohlenoxydgas, das Schwefelwasserstoffgas. In Räumen, welche sehr von Menschen erfüllt sind, rührt die Schädlichkeit der Luft von Kohlensäure her. Die Luft eines Saales, in dem 50 Kerzen brannten und 500 Leute zwei Stunden sich aufhielten, enthielt in 100 Theilen anstatt $^1/_{25}$ Kohlensäure 1%, d. h. 25 Mal soviel als reine Luft (Dalton), in Krankensälen der Salpetrière 10 selbst 13 Mal soviel (Leblanc), in den Ställen der Militärschule sogar 18 Mal so-

1) Allen und Pepys in Philos. Transact. 1808, und Meck. Arch. III.
2) Davy, research. chim. and phil. Lond. 1800.

Digitized by Google

viel (Leblanc). Nach Davy ist eine Luft tödtlich, in der 40% CO^2 sind; Thiere sterben nach Bernard schon, wenn die Luft 12—18% CO^2 enthält. Es hängt jedoch dies sehr von der Reizbarkeit resp. Widerstandsfähigkeit der Thiere ab. In einer Luft, in welcher ein $2^1/_2$ Stunden eingesperrter Finke endlich starb, lebte ein Hänfling noch $^1/_4$ Stunde, und dann ein Grünfink noch zehn Minuten. — Wenn die ausgeathmete Luft wieder und wieder geathmet wird, so vermehrt sich die CO^2 beträchtlich. So fanden Allen und Pepys sie um 1,5% steigen, Pfaff bei zwei Mal geathmeter Luft 5%, bei vier Mal geathmeter 5,8%, bei acht Mal geathmeter 8,2% CO^2. Vierordt sah ähnliche Resultate; — er bemerkte gegen Ende des Versuchs die Zahl und Tiefe der Athemzüge zunehmen. — $^1/_{250}$ Schwefelwasserstoff in der Luft tödtet, nach Dupuytren und Thenard, schon ein Pferd. In geringer Menge hingegen der Luft beigemischt, wie es in Orten mit Schwefelquellen der Fall ist, schadet es der Gesundheit nicht. — Die gefährlichen Wirkungen des Aufenthalts vieler Menschen in einem verschlossenen Raume sind unter andern durch die Begebenheit der schwarzen Höhle in Calcutta historisch bekannt geworden. — In einer Luft, in welcher Kohlen verbrannt werden, ist das Kohlenoxydgas das vorzugsweise schädliche Element (Leblanc).

Kohlensäure als Gift.

151. Die ausgeathmete Kohlensäure ist ein Gift für alle Thiere, am meisten aber für Säugethiere und Vögel. Letztere z. B. sterben schon in einer abgesperrten Luft, wenn sie noch 7% Sauerstoff enthält (Schübler); während Frösche, Schnecken und andere niedere Thiere allen Sauerstoff aufzehren, ehe sie an Luftmangel sterben. Reine Kohlensäure lässt sich nicht einathmen, indem sogleich eine Verschliessung der Stimmritze eintritt. An Orten, wo Kohlensäure in Masse sich entwickelt, reicht ein sehr kurz dauerndes Niederbeugen hin, um Schwindel und Vergehen der Sinne zu erzeugen. Wird hingegen Kohlensäure mit atmosphärischer Luft gemischt, so kann das Einathmen eine Zeit lang ertragen werden: so hielt es Davy eine Minute in einem Gemische von 30 Kohlensäure und 70 atmosphärischer Luft aus.

152. Eingeathmet bewirkt das Kohlenoxydgas Convulsionen, Schwindel, Ermattung, Kopfschmerz, Bewusstlosigkeit; der Puls hört fast gänzlich auf. Nur durch anhaltendes Einblasen von Sauerstoff kann die grosse Lebensgefahr abgewandt werden (Witter[1]).

3) Töne, welche beim Ein- und Ausströmen der Luft erzeugt werden.

Athemgeräusch.

153. Legt man das Ohr an den Brustkasten, so hört man während des Ein- und Ausströmens der Luft das zischende Athemgeräusch.

---

1) Widder in Schweigg. Journ. XV, 453. — Leblanc C. r. t. XXX, 483.

Digitized by Google

4) Wirkungen der Lungenluft auf Herz und Gefässe beim Ein- und Ausathmen.

154. Die Beobachtung lehrt, dass beim starken Ausathmen, wie beim Husten, Niesen, das Blut aus einer Ader, z. B. bei einem Aderlasse stärker und rascher, als vorher ausfliesst, sowie dass die Venen, welche leicht durch die Haut durchscheinen, anschwellen; beim starken Einathmen hingegen gerade das Gegentheil Statt findet. Wenn man bei einem Thiere die vena jugularis externa blosslegt und ein tiefes, beschwerliches Athemholen dadurch bewirkt, dass man Mund und Nase zuhält, oder wenn das Thier schreit, so schwillt diese Vene beim Ausathmen ungeheuer an, beim Einathmen hingegen wird sie so dünn, dass sie oft ganz weiss ist.

155. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, dass während des Ausathmens der Hohlraum des Herzens enger und während des Einathmens wieder weiter wird. Durch die Verengerung desselben aber hat das Blut weniger Platz und muss ausweichen. Während der Exspiration wird also das aus den Venen ins Herz zurückfliessende Blut sich stauen und aus den Arterien mehr Blut ausgestossen werden, oder mit andern Worten, eben so viel Blut, als das verengte Herz weniger aufnehmen kann, ist in der Peripherie angesammelt, was sich durch die oben angeführten Symptome ausspricht. Umgekehrt ist es bei der Inspiration; während derselben ist der Hohlraum des Herzens weiter, weshalb das Blut zuströmt und ein Minus in der Peripherie sich einstellt.

Die Veranlassung der Verengerung und Erweiterung der Herzhöhle, womit auch ein vermehrter und verminderter Druck auf die in der Brusthöhle gelegenen grossen Gefässe verbunden ist, wird in der Lehre vom Blutumlaufe abgehandelt.

Zweck des Athmens.

156. Die wesentlichste Wirkung des Sauerstoffs, welcher dem Blute und den Organen durch den Athmungsprocess einverleibt wird, besteht in seinem Streben, neue Verbindungen einzuleiten und dadurch den beständigen Wechsel in den Elementarformen zu begründen, der nothwendig zum Leben gehört. Indem aber der Sauerstoff auf diese Weise eine unaufhörliche Auflösung vorbereitet, wird in den lebenden Theilen der Trieb zu neuer Gestaltung stetig erweckt. Ein zweiter Zweck des Athmens besteht in der Bildung von Wärme und ein dritter in der Ausführung der Kohlensäure. Vgl. hierüber meinen populären Vortrag: „Über die Zwecke des Athmens". Weimar 1860.

Über die Beziehungen der ausgeathmeten Kohlensäure zur Ernährung der Pflanzen und zu den Mineralien sind ausgedehnte

Digitized by Google

Forschungen von Ingenhouss, Sennebier, Liebig, Bischof u. A. gemacht worden.

B. Verdauung.

157. Von der Mund- bis zur Afteröffnung erstreckt sich der zum Theil unvollständige Canal des Darmes nebst mancherlei Nebendrüsen, welche sich auf seiner Innenfläche endigen. Unbezwingliche Triebe nöthigen durch Vermittelung des Nervensystems die willkürlichen Bewegungsorgane, ihm Speisen und Getränke zuzuführen. Zahlreiche Absonderungen sowohl der Schleimhaut des Darms als seiner Nebendrüsen wirken verändernd auf die Speisen ein. Der ganze Canal ist der Bewegung fähig, durch welche die Speisen und Absonderungen in Verbindung und der unbrauchbare Stoff aus dem Körper entfernt werden kann. Den Inbegriff aller dieser Vorgänge nennt man Verdauung, digestio.

I. Speisen und Getränke.

158. In den Speisen, welche der Mensch zur Nahrung nimmt, finden sich organische und anorganische Substanzen. Unter den organischen unterscheidet man die, welche Stickstoff enthalten, und die stickstofflosen. Bestandtheile der Speisen.

159. Die wichtigsten stickstoffhaltigen Substanzen der Nahrungsmittel sind: Stickstoffhaltige. 159—166.

a) Der Eiweissstoff, Albumin (53,5% C. 7,0 H. 15,5 N. 22,0 O. 1,6 S. 0,4 P.), welcher bei einer Temperatur von 60° R. und durch Zusatz vieler Körper, z. B. der Salpetersäure, der Gerbsäure, der Chromsäure, des Quecksilbersublimats, sowie der meisten Metallsalze, in eine feste, in kaltem Wasser, Alkohol, Äther unlösliche Substanz, das coagulirte Eiweiss, umgewandelt wird und dann sich als eine weisse, klumpige Masse zeigt. — Er findet sich im Blute, den Muskeln, den Nerven, dem Gehirne, den Drüsen und dem Eiweisse der Eier; man kann sagen, in fast allen Weichgebilden des Thierkörpers und in den meisten Pflanzensäften. Die Gerinnung erfolgt später, wenn das flüssige Eiweiss vorher getrocknet worden war, sowie sehr saure oder auch alkalische Eiweisslösungen durch Hitze nicht eher coaguliren, bis sie neutralisirt werden. Viele Chemiker nehmen an, dass das Eiweiss an sich niemals in Wasser allein löslich sei, sondern dass es durch Verbindung mit Kalien und Salzen [1]) oder auch mit Pflanzensäure [2]) gelöst erhalten werde. In a) Eiweiss.

---

1) Scherer in Ann. d. Chem., B. 40, p. 1. — Lehmann in Arch. f. phys. Heilk. I, 234.

2) Vgl. Fresenius, Lehrb. d. Chemie f. Landwirthe u. s. w. Braunschw. 1847, p. 278.

Digitized by Google

der That findet sich in thierischen Theilen, welche gelöstes Eiweiss enthalten, auch eine alkalische Reaction. Ebenso kommen in den Pflanzensäften Äpfel-, Citronen- und Weinsäure vor, die das Albumin in Lösung halten können. — Wird thierisches Eiweiss (Natronalbuminat) mit Essigsäure versetzt, so bildet sich essigsaures Natron, bringt man dann viel Wasser hinzu, so fällt der grösste Theil des Eiweisses nieder. Dies wird dadurch erklärt, dass ausser dem freien Alkali auch die Salze, welche mit dem Eiweiss verbunden sind und seine Löslichkeit gleichfalls vermitteln, durch das Wasser gelöst werden. In einem klaren Filtrat von Hühnereiweiss entsteht durch Zusatz von destillirtem Wasser eine Trübung, welche sich durch Alkalien wieder aufhebt. — Nach Wurtz lässt sich aber ein salz- und natronfreies Albumin darstellen, welches in Wasser löslich ist.

b) Faserstoff. 160. b) Der Faserstoff, Fibrin (52,7 C. 6,9 H. 15,4 N. 23,5 O. 1,2 S. 0,3 P.), welcher bei jeder Temperatur, sobald er aus seiner lebendigen Verbindung getrennt wird, gerinnt, findet sich bei Thieren: ungeronnen in dem ganz frischen Blute und der Lymphe, geronnen in dem Fleische und dem Blute, das einige Zeit aus den Adern des lebenden Körpers entfernt ist, s. das Nähere im folgenden Abschnitte über Blut.

c) Käsestoff. 161. c) Der Käsestoff, Casein [53,83 C. 7,15 H. 15,65 N. 23,37 O.+S.], ist wie die beiden vorhergenannten Substanzen in einer löslichen und geronnenen Form bekannt. Jene findet sich in frischer Milch (No. 194). Dampft man abgerahmte Milch ab, zieht den Rückstand zur Entfernung alles Fettes mit Äther aus, giesst diesen ab, löst das Übrige mit Wasser und schlägt mit Alkohol nieder, so erhält man reines, in Wasser lösliches Casein. — Das Casein wird zwar durch alle Mittel, durch welche das Eiweiss gerinnt, auch zur Gerinnung gebracht; jedoch ausserdem auch durch verdünnte Essig- und Milchsäure, besonders aber durch den Lab, welcher aus dem vierten Magen der Wiederkäuer gewonnen wird. Ein Stückchen (getrockneten) Kälbermagens reicht hin, grosse Mengen von Milch zur Gerinnung zu bringen. Wenn die Milch bei gewöhnlicher Temperatur stehen bleibt, so gerinnt sie gleichfalls, es bildet sich nämlich Milchsäure (aus Milchzucker). — Durch langsames Erhitzen des Käsestoffs an der Luft gerinnt derselbe nicht wie das Eiweiss in Klumpen, sondern es entsteht eine Haut, welche sich beim Abnehmen immer wieder erneut. — Wie beim Eiweiss sucht man auch die Ursache der Löslichkeit des Caseins in der Verbindung mit Alkalien.

Legumin. 162. In den Pflanzen, namentlich den Hülsenfrüchten, aber auch im Weizen, Hafer (Avenin nach Johnston), den Mandeln, Wurzeln u. s. w. kommt eine dem Casein sehr nahe stehende, vielleicht ganz

Digitized by Google

gleiche (Braconnot, Liebig) Substanz vor, welche man Legumin nennt.

163. d) Vitellin, ein dem Albumin sehr ähnlicher Stoff, welcher nur im Eigelb vorkommt und sich dadurch von Eiweiss unterscheidet, dass er nicht wie dieses durch Blei- und Kupferoxydsalze gefällt wird. d) Vitellin.

164. e) Kleber und Pflanzenleim. Durch Auskneten des Weizenmehls in Wasser erhält man eine sich durch Stärke trübende Flüssigkeit, in welcher nach dem Abklären Eiweiss sich findet und eine zähe, klebende Substanz, Kleber, auch Pflanzenfibrin (Liebig) genannt. Wird dieser mit Weingeist gekocht, so löst sich ein Theil desselben, dies ist der Pflanzenleim, welcher beim Erkalten der weingeistigen Flüssigkeit sich in Flocken niederschlägt. — Durch den Kleber wird das mit Wasser angerührte Mehl in Teig verwandelt. e) Kleber und Pflanzenleim.

165. Die genannten Substanzen bezeichnet man mit dem Namen Proteinkörper (Mulder). Sie sind alle miteinander verwandt und der eine kann in den andern übergehen. Sie lösen sich alle in verdünnter Kalilauge (von 2%). Auch durch concentrirte Essig- und Phosphorsäure werden sie gelöst und in der essigsauren Lösung entsteht durch Kaliumeisencyanür und Cyanid eine Fällung. Concentrirte Salzsäure löst sie mit violettblauer Farbe. Salpetersäure färbt sie gelb (Xanthoproteinsäure), Jod gelbbraun, das Millon'sche Reagens (1 Theil Quecksilber, 1 Theil Salpetersäurehydrat mit etwas salpetriger Säure und 4½ Theile Wasser) roth; (jedoch ist hinsichtlich dieses Reagens zu bemerken, dass auch andere als Proteinkörper, wenn sie stickstoffhaltig sind, wie die leimgebenden Substanzen roth gefärbt werden); concentrirte Schwefelsäure in Verbindung mit Rohrzuckerlösung färbt sie gleichfalls schön roth. — Sie enthalten alle Schwefel, welcher, ohne sie zu zerstören, nicht von ihnen getrennt werden kann; ausserdem wahrscheinlich alle auch Phosphor und Erden, namentlich phosphorsauren Kalk, eng gebunden. Die Menge des Stickstoffs beträgt in allen Proteinsubstanzen 15—16% (— Kohlenstoff 53%, Sauerstoff 22%, Wasserstoff 7% —). Proteinkörper.

Werden Proteinsubstanzen mit Kalihydrat geschmolzen, so entwickelt sich Ammoniak, Wasserstoffgas, ein excrementiell riechender Körper, das Leucin, sowie noch andere Zersetzungsproducte, namentlich Tyrosin, Baldriansäure und Buttersäure. Das Leucin und Tyrosin sind im Körper an verschiedenen Stellen, in neuerer Zeit sowohl während des normalen, als auch des abnormen Zustandes gefunden worden. Das Leucin krystallisirt in farblosen, sich fettig anfühlenden Blättchen oder Körnchen, ist leicht löslich in Wasser und Alkalien, wenig löslich in Alkohol, unlöslich in Äther. Das Tyrosin krystallisirt in perlmutter- oder seideglänzenden Nadeln, ist

Digitized by Google

leicht löslich in Alkalien, schwer löslich in kaltem Wasser, unlöslich in Alkohol und Äther; es riecht beim Erhitzen nach verbranntem Horn.

f) Leim. 166. f) Leim ist löslich in heissem Wasser, unlöslich in kaltem, und wird durch langes Kochen von Sehnen, Knochen, Knorpel und Zellgewebe gewonnen.

Stickstofflose Substanzen. 167—182. 167. Die wichtigsten stickstofflosen Substanzen, welche in den Nahrungsmitteln vorkommen, sind:

a) Fett. a) Fett. Alle wirklichen Fette adhäriren so an festen Oberflächen, dass dadurch Fettflecke entstehen; sie sind nicht flüchtig, wie die ätherischen Oele, zersetzen sich in höherer Temperatur; sind unlöslich in Wasser, meist schwerlöslich in kaltem Alkohol, aber löslich in Schwefeläther, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Elaylchlorür. Die Fette verbinden sich gern mit manchen Farbestoffen, woher es beispielsweise kommt, dass die Butter oft gelb gefärbt ist (von dem Farbstoffe der gelben Blüthenblätter von Wiesenblumen). An der Luft werden sie durch einen eigenthümlichen Oxydationsprocess umgewandelt, es bilden sich flüchtige Säuren und dadurch entsteht das Ranzigwerden der Fette, welches aber ganz ungemein beschleunigt wird, wenn neben den Fetten Proteinsubstanzen vorhanden sind. Daher wird Butter, welche nicht genugsam von ihrem Käsestoff befreit ist, rasch ranzig, während vorsichtig ausgelassene, in verschlossenen Gefässen aufbewahrte, selbst mehre Jahre unverdorben bleibt.

168. Man unterscheidet feste, halbfeste und flüssige Fette, oder: Talg — Schmalz und Butter — Öl.

169. Die Fette bestehen aus zwei Substanzen, dem Glycerin (Ölsüss = Glyceryloxyd oder Lipyloxyd) und einer sogenannten Fettsäure (Chevreul). Durch stärkere Basen, wie Kali, Natron (bei dem Verseifungsprocess), Bleioxyd u. s. w. kann man beide von einander scheiden. — Die wichtigsten Fettsäuren, welche in Nahrungsmitteln vorkommen, sind: Palmitinsäure, Margarinsäure, Talgsäure (= Stearinsäure) und Ölsäure; ferner die Buttersäure, Capron-, Capryl- und Caprinsäure als Bestandtheile der Butter. Die Talgsäure findet sich im Talge der Ziegen, Schaafe und Rinder, im Fette der Schweine und Gänse, — wenig in dem der Menschen; in pflanzlichen Substanzen in der Cacaobutter, als Cacaostearin (A. Mitscherlich [1]). — Margarin- und Oleinsäure kommen in fast jedem Pflanzen- und Thier- (auch Menschen)fett vor. Nach Heintz ist jedoch Margarinsäure ein Gemenge von Palmitin- und Stearinsäure.

170. In den Pflanzen enthalten besonders die Samen viel Fett, jedoch in sehr verschiedener Menge, Getreide $1\frac{1}{2}\%$, Mais einige

1) A. Mitscherlich, Cacao und Chocolade. Berlin, 1859, p. 61.

Digitized by Goo

Procente, Rosskastanie 8%, Oliven 9—11%, Traubenkerne 22%, Kürbis 25%, Bucheckern 25—30%, Pflaumenkerne 33%, süsse Mandeln, Mohn 40—50%, Cacao 50%, Haselnuss und Wallnuss 60%. [1])

171. Bei Säugethieren giebt es einzelne Körperstellen, an welchen niemals Fett fehlt, so am Herzen, in der Augenhöhle, um die Nieren. Die Fettmenge unter der Haut und am mesenterium, zwischen den Muskelbündeln, in der Markhöhle der Knochen u. s. w. hängt sehr von der Nahrung und dem Grade der Bewegung ab, der die Thiere ausgesetzt sind. Bei gemästeten Ochsen kann sie 8, selbst 11% vom Körpergewicht allein in der Bauchhöhle betragen, bei sehr fetten Schweinen hat man die gesammte Fettmenge bis 30% des Körpergewichts gefunden. — Hasen, Hirsche, Rehe, wilde Kaninchen sind mager; zahme Kaninchen können sehr fett werden. — Bei gemästeten Thieren sammelt sich viel Fett in der Leber an, was besonders bei Gänsen auffallend ist. Gut genudelte Gänse erreichen zuweilen ein Gewicht bis zu 26 Pfund.

172. b) Stärke [44,444 C. 6,173 H. 49,383 O. in 100 Theilen. Formel: $C_{12}\ H_{10}\ O_{10}$] oder Amylum, Amidon ist in den pflanzlichen Nahrungsmitteln mehr, als irgend ein anderer Stoff verbreitet, z. B. in den Getreidearten bis 60%, Hülsenfrüchten bis 40%, Kartoffeln 17%. — Sie findet sich in Form von grössern oder kleinern Körnchen in Zellen eingeschlossen. Diese Körner sind bald kugelrund (in den Mohrrüben), bald oval (in den Kartoffeln), bald linsenförmig (z. B. im Getreide), bald ganz unregelmässig. Ihre Grösse ist sehr verschieden, sowohl bei den einzelnen Nahrungsmitteln, als auch in demselben Stoffe. So finden sich z. B. in der Kartoffel Körnchen, welche $^1/_{100}{}^{mm}$ und andere, welche $^1/_{12}{}^{mm}$ in ihrem grössten Durchmesser haben. Nichtsdestoweniger herrscht doch ein bedeutender Unterschied zwischen den Körnchen in der Kartoffel und andern Nahrungsstoffen. Da dies einen grossen Einfluss auf die Verdaulichkeit hat, so gebe ich nach Payen einige Bestimmungen der grössten Dimensionen der Stärkemehlkörner wichtiger Nahrungsmittel; in $^1/_{1000}$ Millimetern: b) Stärke.

Aus dicken Kartoffeln	185
„ gewöhnlichen Kartoffeln	140
„ Bohnen	75
„ Sagopalme	70
„ Linsen	67
„ Erbsen	50

1) Vgl. Fr. Schultze, Lehrb. d. Chemie f. Landwirthe. Leipzig 1860, II, 2, p. 317.

Digitized by Google

aus Weizen 50
„ Mais . . . . . 30 [1]).

Bei einer Anzahl Messungen ergab sich zwischen Hafer, Gerste und Kartoffeln ein Grössenverhältniss = 1,6 : 4 : 6. Die Stärkemehlkörnchen des Hafers zeichnen sich durch ihre Kleinheit aus.

173. Die Stärkemehlkörner bestehen, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, aus übereinander liegenden, concentrischen oder excentrischen Schichten (bei denen der Kartoffel etwa 10—20). — Durch starkes Reiben, vollständiger durch Kochen, saugen die Stärkekörnchen Wasser aus ihrer Umgebung ein und dadurch werden sie zersprengt, es entstehen Risse und schliesslich wird das beträchtlich grösser gewordene Stärkekorn in einen Sack ausgedehnt, was man leicht an gekochten Kartoffeln unter dem Mikroskope bemerken kann. Die so veränderte Stärke nennt man Kleister. — Die Stärke ist gekocht oder ungekocht unlöslich in Wasser. Durch Jod wird sie blau gefärbt, wenn dasselbe nicht durch andere Stoffe (Alkalien, Chlor, überschüssigen Weingeist) gebunden ist; auch verdunstet dasselbe bei einer Temperatur von 60° R.

174. Die Stärke wird leicht in Dextrin und Traubenzucker umgesetzt; namentlich durch mineralische, langsamer durch organische Säuren, ferner durch das aus keimendem Getreide darstellbare Diastas, und durch viele im Thierkörper vorhandene Stoffe (s. Speichel). Dabei wird der Kleister dünnflüssig, die Jodreaction hört auf und es stellt sich das eigenthümliche Verhalten des Dextrins und Zuckers gegen den polarisirten Lichtstrahl ein.

c) Rohrzucker.

175. c) Rohrzucker [42,104 C. 6,431 H. 51,465 O. Formel: C_{12} H_{11} O_{11}] in ⅓ seines Gewichts kaltem, in jedem Verhältnisse in warmem Wasser, und in vier Theilen Alkohol von 1,83 spec. Gewicht löslich; schmilzt bei 160° R. und geht bei starker Wärme in einen braunen, bitterschmeckenden Stoff, Karamel, über. Die Bitterkeit desselben lässt sich durch Alkohol entfernen. Durch Säuren, selbst schwache, organische wie unorganische, selbst durch längere Einwirkung von warmem Wasser verwandelt er sich in den gleich zu beschreibenden Traubenzucker. Der Rohrzucker afficirt daher nicht nur das Geschmacksorgan, sondern kann auch dem Körper Nahrung gewähren, denn der Traubenzucker macht einen Bestandtheil der Leber aus.

d) Traubenzucker.

176. d) Traubenzucker, auch Stärkezucker, Krümelzucker genannt [36,36 C. 7,07 H. 56,56 O. Formel: C_{12} H_{12} O_{12}] und der nahe mit ihm verwandte nicht krystallisirende Fruchtzucker kommen in den Säften von Trauben (13%), süssen Kirschen (13%), Stachelbeeren

1) Vgl. Fresenius, l. c., p. 234.

Digitized by Google

(6—8%), Johannisbeeren (4—6%), Walderdbeeren (3%), Waldhimbeeren (3%), Waldbrombeeren (4%), Mirabellen (3%), Aprikosen (1%), Pfirsiche (1%) und allen Pflanzenfrüchten; [1]) die auf Rosinen, getrockneten Pflaumen, Feigen, im Honig sich zeigende körnige, krümliche Substanz ist Traubenzucker. — Auch im thierischen Körper findet sich Traubenzucker, so besonders in der Leber (Bernard[2]); im Eiweiss bebrüteter Hühnereier hat ihn zuerst Winkler[3]), in dem Eiweiss unbebrüteter habe ich[4]) ihn zuerst dargethan, was Aldridge, Lehmann u. A. bestätigten.

177. Der Traubenzucker schmeckt minder süss, als der Rohrzucker, braucht 1⅓ kaltes Wasser zur Lösung, ist im heissen Wasser sehr löslich, auch in wässrigem Alkohol. Er krystallisirt in blumenkohlartigen Gruppirungen. Mit Ätzkali versetzt, hat er die merkwürdige Eigenschaft, dem Kupferoxyd Sauerstoff zu entziehen und es zu Kupferoxydul zu reduciren (s. Speichel).

178. e) Milchzucker [40 C. 6,66 H. 53,33 O. Formel: $C_{12} H_{10} O_{10}$] findet sich nur in der Milch der Säugethiere, und zwar in sehr geringer Menge bei Fleischfressern, wenn dieselben keine Vegetabilien erhalten (Bensch[5]), viel reichlicher in der Milch von Pflanzenfressern (Eselinnen 4,5—5,5, Schafen, Ziegen, Kühen 3,25—4,5%, Stuten — sogar 9%). Ob die im Eiweiss vorkommende Zuckerart Milchzucker sei, wie Winkler und ich früher annahmen, ist noch nicht sicher. Er ist weniger süss, als Traubenzucker; bedarf 5—6 Theile kalten und 2½ Theile heissen Wassers zur Lösung, ist in kaltem Alkohol unlöslich. — Er reducirt auch Kupferoxyd, wie der Traubenzucker. 1 Atom Milchzucker reducirt 7 Atome Kupferoxyd, 1 Atom Traubenzucker 10 Atome Kupferoxyd. — Er dreht zwar, wie Rohrzucker und Traubenzucker, die Polarisationsebene des Lichts nach Rechts, jedoch weniger als Trauben- und noch weniger als Rohrzucker, im Verhältniss = 0,775 : 1. e) Milchzucker.

179. Besonders wichtig ist in physiologischer Beziehung seine Umwandlung in Milchsäure. Diese Säure entsteht aber nicht nur aus Milchzucker, sondern überall, wo eine stärke-, gummi- oder zuckerhaltige Flüssigkeit, in welcher zugleich stickstoffhaltige Substanzen sind, einer Temperatur von 30—40° ausgesetzt bleibt. Daher kommt es, dass viele vegetabilische Substanzen im Magen und Darm Milchsäure bilden können. Sauerkraut und sauer gewordene Speisen ent- Milchsäure. Buttersäure.

1) Die in Parenthesen beigesetzten Zahlen sind nur ganz approximativ.
2) Bernard und Barreswil in Compt. r. T. 27, p. 514.
3) Winkler in Buchner's Repert., B. 42, p. 46.
4) Budge in Liebig's Ann., B. 64, p. 197.
5) Bensch in Liebig's Ann., B. 61, p. 221.

Digitized by Google

halten gleichfalls Milchsäure. Neben der Milchsäure tritt aber gewöhnlich noch eine andere Säure, die Buttersäure auf, während jene immer mehr und mehr schwindet. Mit der Buttersäurebildung entwickelt sich Kohlensäure und Wasserstoff. Man kann sich diesen Hergang, z. B. aus Traubenzucker, folgender Weise veranschaulichen:

	1 Aequ.	Traubenzucker =	$C_{12}\ H_{12}\ O_{12}$
ist gleich	2 „	Milchsäure =	(2) $C_6\ H_6\ O_6$.
Ferner sind	2 Aequ.	Milchsäure =	$C_{12}\ H_{12}\ O_{12}$
gleich	1 Aequ.	Buttersäure	$C_8\ H_8\ O_4$
	1	Kohlensäure	$C_4\ \ O_8$
	4	Wasserstoff	H_4
			$C_{12}\ H_{12}\ O_{12}$

f) Cellulose.

180. f) Cellulose [44.444 C. 6,173 H. 49,383 O. Formel: $C_{12}\ H_{10}\ O_{10}$]. Dieser Stoff bildet einen sehr wesentlichen Bestandtheil der vegetabilischen Nahrungsmittel, indem die Wände der Pflanzenzellen hauptsächlich aus Cellulose bestehen. Der Bast, die Hülsen, Spelze, die Fruchtschalen, die Holztheile der Gewächse, die Fasern des Hanfes, Flachses, der Baumwolle, Papier gehören zur Cellulose. Sie widersteht den meisten chemischen Substanzen, ist jedoch in concentrirten Säuren, aber auch merkwürdiger Weise in wässerigem Kupferoxyd-Ammoniak nach Schweizer löslich. In wie weit sie verdaut wird, ist noch nicht sicher festgestellt. Wenn sie verholzt ist, geht sie mit den Excrementen ab; in den jungen Gewächsen, wo sie noch sehr dünnwandig erscheint, wird sie wahrscheinlich verdaut.[1]) Da sie die nährenden Stoffe einschliesst, so hängt jedenfalls die Verdaulichkeit dieser sehr wesentlich davon ab, dass die Cellulose mechanisch getrennt wird und der Zelleninhalt austreten kann. Dies geschieht wesentlich dadurch, dass die vegetabilischen Speisen verkleinert und gekocht werden. Sie ist nämlich permeabel für Wasser, durch welches die Zelle sich ausdehnt und endlich platzt. — Sie wird durch verdünnte Schwefelsäure in der Siedhitze in Dextrin verwandelt. Ein vortreffliches Reagens der Cellulose ist concentrirte Schwefelsäure mit Jod, durch welche Verbindung sie ebenso blau gefärbt wird, wie Stärke durch Jod allein. Ein anderes, ebenso wirkendes und jenes noch fast übertreffendes ist eine Verbindung von Chlorzink, Jodkalium und Jod (F. Schulze l. c., p. 15).

Kohlenhydrate.

181. Die oben erwähnten sechs Stoffe gehören zu den sogenannten Kohlenhydraten, welche sämmtlich Sauerstoff und Wasserstoff in demselben Verhältnisse, wie das Wasser haben. Sie gehen leicht in einander über, so z. B. Zucker in Stärke beim Reifen des Getreides,

1) Versuche von Sussdorf in Stöckhardt ch. Ackersmann 1860, p. 54 lehrten, dass bei Zusatz von Papierbrei zum Futter in den Excrementen nur 20% Cellulose nachweisbar waren.

Digitized by Google

Stärke in Zucker durch Diastas, beim Frieren der Kartoffel u. s. w., — Cellulose in Dextrin durch Schwefelsäure, — Rohrzucker in Traubenzucker u. s. w.

182. An die Kohlenhydrate schliesst sich

g) das Pectin an, welches im Mark fleischiger Früchte und in Wurzeln vorkommt, in Wasser, Alkohol und Äther unlöslich ist, mit Wasser aber eine Gallerte bildet. g) Pectin.

183. Von den anorganischen Substanzen sind die wichtigsten: Kochsalz, phosphorsaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, phosphorsaures Natron und Kali, schwefelsaure Salze, Eisen und Schwefel; daneben in kleinen Mengen Fluorcalcium und Kieselsäure. Aschenbestandtheile.

184. In den meisten Nahrungsmitteln sind beinahe $^3/_4$ bis $^4/_5$ Theile Wasser und $^1/_4$ bis $^1/_5$ feste Substanz enhalten. Das Brunnenwasser [1]) enthält stets eine gewisse Menge von Salzen, welche nach den Bodenverhältnissen sehr verschieden sind. Wir geben beispielsweise eine von v. d. Marck ausgeführte Analyse eines Brunnenwassers: Wasser.

	100 Theile Wasser enthalten:	1 Pfund = 16 Unzen = 478 Gramm. enthalten in Grammen:	in Grammen:
Schwefelsaure Kalkerde	0,0025	0,0119	0,1912
Chlorcalcium	0,0060	0,0286	0,4588
Chlormagnesium	0,0026	0,0124	0,1988
Chlornatrium	0,0043	0,0205	0,3288
Chlorkalium	0,0026	0,0124	0,1988
Kohlensaure Kalkerde	0,0012	0,0057	0,0917
Kohlensaure Magnesia	0,0013	0,0062	0,0994
Kohlensaures Eisenoxydul	0,00005	0,00023	0,0038
Kieselsäure	0,0007	0,0033	0,0535
Organische, extractartige Substanz	0,0035	0,0167	0,2676
Spuren von Ammoniak			
Summe aller feuerbeständigen Salze	0,02475	0,11793	1,8924
Durch directe Wägung gefundene Summe aller festen Bestandtheile	0,02770	0,1324	2,1184

185. So enthalten z. B.:

das Muskelfleisch an 80 Proc. Wasser (Schlossberger).
die Milch „ 87—91 Proc. Wasser (Simon).
die Kartoffeln „ 70—80 „ „ (Einhof).
das Eigelb „ 54 „ „ (Prout).
das Brod „ 45 „ „

In 1 Pfund Fleisch sind also etwa $6^1/_2$ Loth feste Substanz enthalten.

186. Die oben (No. 158 fg.) genannten Hauptarten der Nahrungsbestandtheile finden sich in den wichtigsten Nahrungsmitteln ungefähr auf folgende Weise vertheilt; nach Moleschott's Zusammenstellung.

1) S. Böcker, Unters. über die Wirkung des Wassers. Act. Leop. XXIV., I, 310.

Digitized by Google

In 1000 Theilen	Lösliches Eiweiss und Hämatin.	Unlösliche Eiweissstoffe.	Leimbildner.	Fett.	Zellstoff.	Stärkemehl.	Dextrin.	Zucker.
Ochsenfleisch	22,0 Sch.	175,0 Sch.						
Kalbfleisch	32 Sch.	162 Sch.						
Schweinefleisch.....	24 Sch.	168 Sch.						
Hühnerfleisch	30 Sch.	165 Sch.						
Taubenfleisch	45 Sch.	170 Sch.						
Dotter des Hühnereies	157,6 Gb.			304,7 Gb.				
Eiweiss	120 Bs.			27 Bs.				
Weizen.....	155,67 Py.			18,68 Py.	27,02 Py.	577,08 Py.	65,96 Py.	
Roggen.....	107,21 Py.			19,27 Py.	26,63 Py.	580,17 Py.	102,04 Py.	
Gerste	112,17 Py.			23,89 Py.	41,10 Py.	574,93 Py.	86,55 Py.	
Hafer	127,04 Py.			48,55 Py.	62,32 Py.	534,88 Py.	81,66 Py.	
Reis	64,12 Py.			7,28 Py.	10,01 Py.	810,84 Py.	9,10 Py.	
Mais	108,96 Py.			76,71 Py.	51,43 Py.	588,84 Py.	34,81 Py.	
Erbsen, unreife	239,49 Py.			18,89 Py.	17,95 Py.	552,62 Py.	. . .	
„ reife	225,08 Py.			19,86 Py.	33,10 Py.		555,12 Py.	
Bohnen.....	236,17 Py.			25,93 Py.	29,00 Py.		515,88 Py.	
Linsen	252 Py.			26 Py.	24 Py.		560 Py.	
Kastanien	31,94 Py.							68,13 Gmelin.
Kartoffeln, weisse	24,9 H. et K.					179,8 H. et K.		
„ blaue	23,7 H. et K.					132,1 H. et K.		
Rüben, gelbe ..... (Johnston)	15,0			4	30			100

Anmerkung. Sch. heisst Schlossberger; Gb. Gobley; Bs. Bostock; H. et K. Horsford u. Krocker; Th. Thomson;

Digitized by Google

Kali.	Natron.	Kalk.	Bitter-erde.	Eisen-oxyd.	Phos-phor-säure.	Schwefel-säure.	Kiesel-säure.	Wasser.	Salze im Ganzen.	Kohlen-säure.
3,15 St.	0,25 St.	0,46 St.	0,21 St.	0,09 St.	3,55 St.	0,16 (?) St.	0,14 St.	775,0 Sch.		
2,76 St.	0,19 St.	0,14 St.	0,16 St.	0,02 St.	3,87 St.		0,06 St.	797 Sch.		
								783 Sch.		
								773 Sch.		
								760 Sch.		
1,46 Wb.	0,15 Wb.	1,83 Wb.	0,29 Wb.	0,31 Wb.	8,06 Wb.		0,08 Wb.	514,9 Gb.	13,30 Gb.	
1,96 Wb.	0,86 Wb.	0,21 Wb.	0,19 Wb.	0,04 Wb.	0,22 Wb.	0,12 Wb.	0,02 Wb.	850 Bs.	7,1 Wb.	0,69 Wb.
5,26 Ed.	0,09 Ed.	0,40 Ed.	1,41 Ed.	0,26 Ed.	12,24 Ed.		0,68 Ed.	149,47 H. et K.	23,15 Py.	
								140,56 H. et K.	22,26 Py.	
4,36 Th.	2,42 Th.	0,88 Th.	1,17 Th.	0,23 Th.	10,03 Th.	0,04 Th.	8,09 Th.	167,90 H. et K.	26,83 Py.	
								94,60 H. et K.	28,69 Py.	
0,71 Zd.	0,09 Zd.	0,25 Zd.	0,15 Zd.	0,08 Zd.	2,19 Zd.		0,05 Zd.	151,40 H. et K.	3,52 Zd.	
4,01 Lt.		0,17 Lt.	2,22 Lt.		6,53 Lt.		0,10 Lt.	140 Jn.	19,18 Py.	
5,38 Rs.	0,27 Rs.	0,78 Rs.	1,27 Rs.	0,13 Rs.	6,30 Rs.	0,03 Rs.	0,08 Rs.		23,62 Py.	
									19,86 Py.	
									29,64 Py.	
								115 Py.	23 Py.	
								480,6 Py.	16,62 Py.	
6,93	—	0,14	0,42	0,06	1,57	0,04	0,04	749,5 H. et K.	9,0 H. et K.	
								689,4 H. et K.	10,4 H. et K.	
								850	17,5	

Jn. Johnston; v. B. Bibra; St. Staffel; Wb. Weber; Py. Payen; Ed. Erdmann; Zd. Zedeler; Lt. Letellier; Rs. Rose.

Muskelfleisch.

187. Das Fleisch besteht aus zahlreichen neben einander liegenden feinen, durch Bindegewebe mit einander verbundenen Fasern. Die Erfahrung hat gelehrt, dass es der Verdaulichkeit, wie dem Geschmacke am Meisten zusagt, wenn das Fleisch so zubereitet wird, dass die einzelnen Fasern leicht zerreissen, also in ihrem Querdurchmesser sich trennen lassen. Dies erreicht man auf verschiedene Weise. Einmal durch Klopfen des Fleisches, bevor es gekocht wird, zweitens durch Kochen und drittens durch Eindringen von Fett. Wenn das Fleisch von ganz frisch geschlachteten Thieren kommt, so wirken diese Operationen viel weniger, als wenn schon die Todtenstarre und damit ein Zersetzungsprocess begonnen hat. Man hängt deshalb das Fleisch erst, je nach der Temperatur, einen oder zwei Tage vor der Zubereitung an die Luft. Durch Kochen wird das Bindegewebe zwischen den Fleischfasern in Leim umgewandelt, welcher sich in der Wärme auflöst und daher endlich in das umgebende Wasser fliesst. Man darf das Kochen nicht solange fortsetzen, bis der Leim ganz weich geworden ist und heraustritt, weil sonst die Geschmeidigkeit des Fleisches verloren geht. Zu anhaltend gekochtes Fleisch ist zäh und faserig, deshalb ist es zweckmässig, wenn das Fleisch kurze Zeit in kochendes Wasser gebracht ist, dann, wie mit Recht Liebig bemerkt, dasselbe einer Temperatur von 70° längere Zeit auszusetzen. Unterhält man Fleisch fortwährend in Kochhitze, so wird es zäh und nicht zart. Da das Fleisch von einer Flüssigkeit (Fleischflüssigkeit) durchdrungen ist, welche reich an nahrhaften und schmackhaften Substanzen ist, namentlich Eiweiss, so ist es wesentlich, dass dieselben soviel als möglich im Fleische bleiben und nicht in dem Wasser sich lösen. Beim Kochen ist daher Vorschrift, das Fleisch nicht in kaltes, sondern sogleich in siedendes Wasser zu legen, damit das Eiweiss rasch gerinnt. Beim Braten wird das Fett benutzt, um den oben angegebenen Zweck zu erreichen. Mageres Fleisch, wie gewöhnlich das Kalb- und Hühnerfleisch, bedarf der Zuthat von Fett, während fettes Fleisch, wie Rind-, Hammel-, Gänse- und Entenfleisch, dasselbe nicht nöthig haben. Bei dieser Zubereitung hängt das Gelingen wesentlich davon ab, dass das geschmolzene Fett unaufhörlich über den Braten gegossen wird, um an die Fasern zu gelangen.

188. In den Suppen verlangt man grade das im Fleische Lösliche. Das Fleisch muss zu dem Behufe in möglichst kleine Stücke geschnitten, kalt aufgesetzt, recht langsam bis zum Kochen gebracht werden, um alles Eiweiss zu gewinnen. Die Erfahrung hat gelehrt, dass Fleisch alter Thiere und auch frisch geschlachtetes bessere Suppen geben, als im umgekehrten Falle. Ob in jenem Falle das Eiweiss später gerinnt, ist unbekannt. Die Suppe enthält die löslichen

Digitized by Google

phosphorsauren und milchsauren Salze, während die phosphorsauren alkalischen Erden grösstentheils in dem Fleische bleiben.

189. Die Fleischfaser ist in Wasser löslich, welches $^1/_{10}$ Proc. Salzsäure enthält. Jedoch bleibt, wenn man Kalbfleisch in dieser Weise behandelt, ein viel grösserer Rückstand als von Rind- und Hühnerfleische.

190. Es fehlen genauere Untersuchungen über die leichtere oder schwerere Verdaulichkeit der einzelnen Fleischarten, und es sind darüber sogar sehr falsche Ansichten verbreitet. So hält man, um nur eins hervorzuheben, mit Unrecht Kalbfleisch für das leicht verdaulichste Fleisch. Hingegen zeigt eine unbefangene Erfahrung, dass Menschen mit schwachem Magen viel besser Hammelfleisch, als Kalbfleisch vertragen.

191. Der Gehalt verschiedener Fleischarten an Faser ist sehr verschieden, so z. B. enthält nach Schlossberger Fischfleisch 12 Faser mit Zellgeweben, Gefässen und Nerven; hingegen Ochsenfleisch 17,5. Kalbfleisch 15—16. Schweinefleisch 16,8.

192. Gesalzenes Fleisch hat in die Lake viel lösliche Bestandtheile der Fleischflüssigkeit abgegeben, ist daher weniger nährend; hat dagegen dadurch gewonnen, dass durch die Einwirkung des Salzes die Fasern brüchiger und leichter verdaulich werden.

193. Über die chemischen Bestandtheile des Fleisches wird bei der Beschreibung des Muskels im dritten Buche gehandelt.

194. Die Milch ist als Nahrungsmittel besonders deshalb von grosser physiologischer Wichtigkeit, weil aus ihrer, von der Natur fertig gebildeten, Zusammensetzung auf die Verhältnisse sich schliessen lässt, in welchen die Nahrungsmittel gemischt sein müssen. Milch.

Die Frauenmilch ist mit höchst seltenen Ausnahmen alkalisch oder neutral; Kuhmilch hingegen selbst ganz frisch oft sauer, wie mit Recht Moleschott u. A. angeben, oft auch alkalisch; vgl. B. I, No. 151.

195. Es sind sehr viele wichtige Arbeiten über Milch vorhanden. Wir stellen die von Vernois und Becquerel gewonnenen Resultate, welche sich auf alle hier in Betracht kommenden Milcharten beziehen, im Mittel übersichtlich zusammen:

	Frauen-milch.	Kuh-milch.	Ziegen-milch.	Esels-milch.	Stuten-milch.	Hunde-milch.
Feste Bestandtheile	11,092	13,59	15,51	10,99	16,2	22,79
Wasser	88,908	86,41	84,49	89,01	83,8	87,21
Casein mit Extractivstoffen	3,924	5,52	5,51	1,70	3,34	11,69
Fett (Butter)	2,666	3,61	5,69	1,85	2,44	8,80
Milchzucker	4,364	3,80	3,69	5,05	3,28	1,53
Salze	0,138	0,66	0,62	0,52	0,52	0,78

Digitized by Google

196. Es ist oft darüber gestritten worden, ob die Milch auch Eiweiss enthalte. Nach den Untersuchungen von Moleschott, Struckmann und Bödecker, Vernois und Becquerel, Heynsius, Joly und Filhol, sowie Trommer und F. Hoppe ist die Anwesenheit des Eiweisses in der Milch kaum in Abrede zu stellen. In einem Falle von Joly und Filhol war sogar das Casein vollständig von Albumin ersetzt.

F. Hoppe entwickelte aus der Milch auch Gase, nämlich Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff.

197. Da wir die Frauenmilch zur Ernährung vollständig ausreichend betrachten dürfen, so können wir aus ihrer Mischung entnehmen, dass in 1 Pfd. (= 500 Grm.) fester Substanz der Nahrungsmittel enthalten sein müssten: 176 Grm. (etwas mehr als 10 Lth.) Proteinsubstanz, 120 Grm. (= $7^1/_5$ Lth.) Fett, 196 Grm. (nahe $11^3/_4$ Lth.) Kohlenhydrate, wenn sie vollkommen dem Bedürfnisse entsprechen sollten.

198. Über die Milchasche sind vergleichende Untersuchungen mit der Blutasche von Weber [1]) angestellt worden, welche folgende Resultate geben. In 100 Theilen Asche waren von:

	Kuhmilch.	Blut.
Chlorkalium	14,18	0,00
Chlornatrium	4,74	38,82
Kali	23,46	11,44
Natron	6,96	29,09
Phosphorsäure	28,40	7,74
Kalk	17,34	1,60
Magnesia	2,20	0,75

Vgl. auch No. 204.

199. Einige Chemiker, wie Haidlen haben in der Milch auch kleine Mengen von Eisenoxyd gefunden. Man sollte denken, Eisen, ein so wesentlicher Blutbestandtheil, könnte niemals in der Milch fehlen.

200. Über die Veränderung der Milch zu verschiedenen Tageszeiten haben Struckmann und Bödecker Untersuchungen angestellt, aus denen hervorgeht, dass die Abendmilch viel mehr Butter, manchmal mehr als das Doppelte, und weniger Casein als die Morgenmilch enthält. [2])

---

1) Weber in Poggend. Ann., B. 81, p. 91.

2) Aus der reichen Literatur über Milchuntersuchungen führen wir folgendes an:

Bensch in Ann. d. Chem. B. 61, p. 222.

Bödecker, ebend. B. 97, p. 150.

Boussingault in Ann. d. chim. B. 11, p. 433.

Digitized by Google

201. Ein Hühnerei wiegt im Mittel 3 Loth, wovon 1 Loth auf den Dotter, 1½ Loth auf das Eiweiss, ½ Loth auf die Schale und Häute kommen. Im Eiweiss sind nur Spuren von Fett. Ein Ei enthält im Ganzen etwa ⅖ bis ½ Loth Eiweiss resp. Vitellin und ⅓ Loth Fett. — Ein preussisches Quart Kuhmilch wiegt ungefähr 2 Pfund 4 Loth Zollvereinsgewicht = 1013⅓ Gramm. Aus 100 Theilen Milch scheiden sich 15,6 Rahm und 84,4 abgerahmte Milch; in dem erstern ist nahezu der ganze Buttergehalt, in der letztern der Käsestoff enthalten. 1 Quart Milch enthält ungefähr 2 Loth Käsestoff, etwas mehr Butter und über 3 Loth Milchzucker. — In 1 Pfund Kartoffeln kommen ungefähr ⅘ Loth Eiweiss auf 5¾ Loth Stärkemehl. — Aus 1 Scheffel Roggen erhält man 115½ Pfund Brod, d. h. 16½ Laib 7pfündige Brode. Zu 1 Laib 7pfündigen Brodes werden gebraucht ungefähr 5¼ Pfund Roggenmehl. — In 1 Pfund Roggenmehl sind enthalten 3⅘ Loth Eiweiss und über 19 Loth Stärke. — Das Gummi in den Nahrungsmitteln hat keine Bedeutung, da dasselbe unverdaut weggeht. Verhältnisse der verschiedenen Stoffe in den Nahrungsmitteln.

202. Hinsichtlich der anorganischen Bestandtheile ist das Fleisch durch Mangel der schwefelsauren Salze ausgezeichnet. In den Leguminosen und noch viel mehr in den Kartoffeln ist eine bedeutend geringere Menge von Phosphorsäure, wie in den meisten Getreidearten vorhanden. — Die Kartoffeln sind sehr reich an Kali, enthalten dagegen nur Spuren von Natron, welches nie im Getreide und den Hülsenfrüchten fehlt. Der Buchweizen ist sehr reich an Phosphorsäure, an

---

Bromeis, ebend. B. 42, p. 46.
Clemm in Art.: Milch — Wagner's Handw. B. II.
Denis, Nouv. étud. chim. sur les subst. albumin. Paris 1856.
Donné, Du lait et en partic. de celui des nourr. Paris 1836.
Elsässer in Ann. d. Chem. B. 87, p. 317.
Fraas, D. k. bair. Centralthierarzneischule zu München. 1854.
Haidlen in Ann. d. Chem. B. 45, p. 273.
Heynsius in Nederl. Lancet V, 603, und in Meissner, Jahresber. 1856. p. 275.
l'Héritier, Traité de Ch. pathol. Paris 1842.
Lehmann, Phys. Chem. II, 287, und Zoochemie, p. 246. Heidelb. 1858.
F. Hoppe in Virchow's Archiv 1859. XVII, 417.
Moleschott in Arch. f. phys. Heilk. XI, 697.
Reiset in Annal. d. ch. et phys. 3. Sér., T. 25, p. 82.
Ruff in Ann. d. Chem. B. 96, p. 76.
Scherer in Wagner's Hanwörterb. II, 449, und Ann. d. Chem. XL, 36.
Schlossberger in Ann. d. Chem. LI, 431, und LXXXVII, 324.
Simon, Handb. d. angewandten med. Chemie. Berlin 1840.
Struckmann in Ann. d. Chem. XCVII, 150.
Vernois et Becquerel in Ann. d'hygiène publ. 1853.

Digitized by Google

Kalk und an Natron. Die Milch enthält Chlorkalium, Chlornatrium, phosphorsauren Kalk, phosphorsaure Magnesia, phosphorsaures Eisenoxyd und Natron; alle zusammen machen kein ganzes Procent (0,49—0,67%) aus und die Hälfte ungefähr ist phosphorsaurer Kalk. — Schwefelsaure Salze fehlen, wie im Fleisch. — Auch durch das Trinkwasser gelangen Salze und Erden in den Körper, hauptsächlich Verbindungen von Kohlensäure, Schwefelsäure, Chlor mit Kalk und Magnesia, seltener Kali, etwas Kieselerde, zuweilen salpetersaurer Kalk. Die Mengen sind jedoch sehr verschieden.

203. Die feste Substanz aus dem Rindfleisch, aus dem Blute, aus dem Eiweisse enthält in 100 Theilen ungefähr 15 Theile Stickstoff, so dass also in 2 Loth trockenem oder 10 Loth Muskelfleisch im gewöhnlichen Zustande ungefähr 72 Gran Stickstoff enthalten sind.

Von den vegetabilischen Nahrungsmitteln enthalten nur wenige annähernd so viel Stickstoff, als die thierischen, die meisten eine geringere Menge; so z. B. kommen im getrockneten Zustande auf 100 Theile trocknen Mehls nur 2 bis 3% Stickstoff, auf eben so viel Bohnen, Linsen, Erbsen 4 bis 5%, Kartoffeln 1,5, Möhren 1,6% u. s. w. (Horsford), auf eben so viel Reis 1⅓% (Boussingault). Das Stärkemehl und der Rohrzucker enthalten 43 bis 44% Kohlenstoff und 40% Sauerstoff, hingegen das Fett über 77% Kohlenstoff und nicht ganz 11% Sauerstoff.

Nahrungsmenge eines Erwachsenen.

204. Ein erwachsener Mensch isst während 24 Stunden zwischen 5 und 8 Pfund, worin also zwischen 1 und 2 Pfund feste Substanzen enthalten sind. Davon kommen ungefähr 6 Loth auf die stickstoffhaltigen (im getrockneten Zustande) und ungefähr 4 bis 6 Mal so viel auf die stickstofflosen Substanzen, wenn sie zu den stärkemehl- oder zuckerhaltigen gehören, weniger, wenn dieselben Fett sind; etwa 3 bis 5 Loth auf die anorganischen und unverdaulichen, durch den Koth zu entleerenden Stoffe, das Übrige ist Wasser. Aus der Mischung der Milch lässt sich jedoch bestimmter auf das passende Verhältniss der Nahrungsbestandtheile schliessen (s. No. 197). Die Erfahrung macht es sehr wahrscheinlich, dass die Nahrhaftigkeit der stickstofflosen Substanzen (Fett — Stärkemehl und Zucker) wesentlich vom Gehalte des Kohlenstoffs abhängt. Hiernach haben 6 Pfund Stärke so viel Nahrungswerth, als 3½ Pfund Fett, und von 3 Pfund Kartoffeln wird der Körper nicht mehr Nahrung erhalten, als etwa von 10 bis 11 Loth Fett.

II. Verdauungsprocesse.

205. Die Verdauungsorgane haben den Zweck, aus den Nahrungsmitteln Blut zu bilden und das Unbrauchbare der Nahrungsmittel, verbunden mit verschiedenen Excretionen des Darms in den Excrementen aus dem Körper zu schaffen.

Digitized by Google

206. Zu ihnen gehören 1) eine Reihe von Organen, welche oberhalb des Magens liegen; 2) der Magen; 3) die Leber; 4) das Pancreas; 5) der Dünndarm; 6) der Dickdarm.

207. Der genannte Zweck wird theils durch mechanische, theils durch chemische Vorgänge erreicht, auf welche in grösserer oder geringerer Ausdehnung das Nervensystem Einfluss übt.

1) Verdauungserscheinungen in den Organen oberhalb des Magens.

208. Hierzu gehören diejenigen, welche 1) in der Mundhöhle, 2) in der Rachenhöhle, 3) im Schlunde und der Speiseröhre vor sich gehen.

1) Verdauungserscheinungen in der Mundhöhle. 209—252.

209. Die Verdauungserscheinungen in der Mundhöhle hängen wesentlich ab: a) von den hier abgesonderten Stoffen; b) von den Kaubewegungen.

a) Abgesonderte Flüssigkeiten. Mundflüssigkeit. 210—249.

210. In der Mundhöhle werden zwei Flüssigkeiten secernirt, Speichel, saliva, und Schleim, mucus; jener von den sechs Speicheldrüsen, dieser von den glandulae buccales, labiales, linguales, palatinae. Mit denselben verbunden finden sich stets abgestossene Epithelialstückchen, oft auch Reste von Nahrungsmitteln. Die gesammte Flüssigkeit wird Mundflüssigkeit genannt. Zwischen den Zähnen sammeln sich leicht Speisepartikelchen an, welche, wenn sie nicht entfernt werden, in Fäulniss übergehen können. Auf der Oberfläche der Zähne kommen häufig Fadenpilze vor, welche mikroskopisch leicht erkenntlich sind.

1) Mundflüssigkeit im Ganzen. 211—228.

211. Die Mundflüssigkeit macht zwar beständig die Mundhöhle feucht, durch manche Veranlassungen mehrt sie sich aber beträchtlich. So 1) durch das Kauen, 2) durch Bewegungen, vermittelst welcher die Wangen an die Zähne (m. buccinatorius) oder die Zungenspitze an den Boden der Mundhöhle (m. lingualis) gedrückt werden und der Boden der Mundhöhle gehoben wird (m. mylohyoideus). Hierdurch werden die Öffnungen der Speicheldrüsen erregt. 3) Wenn scharfe Stoffe, z. B. Senf, Tabak, Creosot u. s. w. in den Mund kommen. 4) Bei manchen Menschen durch Vorstellungen von Speisen, bei Thieren mitunter durch Vorhalten von Futter. 5) Durch alle Veranlassungen, welche Übelkeit und Erbrechen erregen, z. B. Reizung des weichen Gaumens und des Rachens. 6) Durch verschiedene krankhafte Zustände (Salivation). — Die Erklärung dieser Wirkungen ergibt sich aus dem Einflusse der Nerven auf die Speichelsecretion, s. unten.

212. Je mehr in der Mundflüssigkeit der Speichel prävalirt, desto wässriger ist sie; je weniger Speichel abgesondert wird, je mehr der Schleim vorwiegt, desto zäher ist sie. Manche Gemüthsaffecte wirken auffallend in der einen oder der andern Weise.

Digitized by Google

213. Das Entleeren der Mundflüssigkeit aus dem Munde geschieht durch ein Vorschieben der Ober- (m. levator labii superioris, zygomaticus minor) und Unterlippe (depressor labii inferioris), sowie der rapiden Vorwärtsbewegung der Zunge (m. genioglossus) und endlich dem Verschlusse der Mundöffnung durch den m. orbicularis.

214. Die Mundflüssigkeit ist bläulichweiss, durchsichtig, von 1,004 bis 1,009 spec. Gewicht, schwachem eigenthümlichem Geruche. Sie enthält Schleim, welcher früher oder später (manchmal erst nach 10 bis 20 Stunden) einen weissen Bodensatz bildet und ist mehr oder weniger schaumig. Je öfter man hinter einander ausspuckt, desto schaumiger wird sie.

215. Über die Reaction der Mundflüssigkeit haben mir früher an acht Personen angestellte Versuche folgende Resultate gegeben. [1])

a) Bei den gesundesten Menschen, sowie bei Thieren, auch wenn sie gefastet haben oder wenn ihnen beide n. vagi durchschnitten waren, reagirt die Mundflüssigkeit zu jeder Zeit alkalisch.

b) Bei Menschen, welche an sogenannten Unterleibsstockungen leiden, Haemorrhoidariis, ferner solchen, die sich den Magen verdorben haben, die an Verstopfung leiden, wird die Mundflüssigkeit sehr leicht sauer. Schon nachdem sie wenige Stunden nichts gegessen haben, können sie das blaue Lackmuspapier roth färben. — Auch bei Menschen mit Congestionen nach dem Gehirn, bei andern nach den geringsten Gemüthsaffecten wird die Mundflüssigkeit säuerlich.

c) Bei allen hingegen ist die Reaction entschieden alkalisch, sobald ein Bissen verschluckt ist. Es macht dabei keinen Unterschied, ob sehr saure Speisen, z. B. stark gesäuertes Brod, oder neutrale oder alkalische genossen werden.

d) Bei Menschen, bei denen die Mundflüssigkeit im nüchternen Zustande gewöhnlich leicht sauer reagirt, ist die Säure des Morgens und nach längerm Fasten am stärksten.

216. Da der reine Speichel unter allen Umständen alkalisch reagirt, so hängt wahrscheinlich die Säuerung von dem Schleime der Drüschen im Munde ab, und hört natürlich in dem Masse auf, wie mehr Speichel zufliesst. Daher möchte es auch kommen, dass manchmal rothes Lackmuspapier blau, und blaues gleich nachher roth wird (Hünefeld. [2])

---

1) Budge in medic. Zeitung 1842, p. 81. Vgl. auch Donné, Hist. phys. et path. de la salive. Paris 1836. — Frerichs in Wagner's Wörterb. III, 761.

2) Hünefeld, Chemismus in d. Thierorg. 1840.

Digitized by Google

217. 1000 Theile Mundflüssigkeit enthalten
994 bis 995 Wasser,
6 bis 5 feste Substanz.

Bestandtheile der Mundflüssigkeit.

Jedoch sind die Angaben sehr abweichend, und schwanken hinsichtlich der festen Substanz zwischen 4,84 und 13,5. [1])

Die unorganischen Stoffe haben daran einen bedeutenden Theil, nach Jacubowitsch 1,82, nach Frerichs 2,19, Diese sind: Chlorkalium, Chlornatrium, phosphorsaures Natron, Kalk, Talg; nach Frerichs auch Eisenoxyd, nach Enderlin schwefelsaures Natron.

Ausserdem hat man in der Mundflüssigkeit gefunden: Rhodankalium = Schwefelcyankalium = $C_2 NS_2 K$, nach Frerichs 0,10, nach Jacubowitsch 0,06. Es ist dadurch erkenntlich, dass durch Zusatz einiger Tropfen einer Lösung von salzsaurem Eisenoxyd eine blutrothe Färbung entsteht (Treviranus, Tiedemann und Gmelin. [2]) Obwohl Rhodankalium in grössern Dosen giftig wirkt, so ist es doch in der Menge, welche in der Mundflüssigkeit vorkommt und selbst in beträchtlich grösserer ganz unschädlich (Marchand [3]) Wöhler und Frerichs. [4])

Einen in Wasser löslichen Extractivstoff, Ptyalin (Berzelius), auch in Alkohol und Äther lösliche Extractivstoffe. — Eiweiss wird als Bestandtheil des Speichels von einigen Forschern (Lassaigne, Frerichs) angegeben. Durch Kochen sah ich allerdings den Speichel weiss und schaumig werden; hingegen nicht durch Salpetersäure, und nicht durch Essigsäure mit Kaliumeisencyanür, wie auch Jacubowitsch beobachtete.

Nach Pettenkofer (l. c.) und Picard soll im normalen Speichel Harnstoff sich finden.

218. Ein Tropfen Mundflüssigkeit unter dem Mikroskope betrachtet, zeigt helle, kernhaltige Epithelialplatten, von denen die grössten $^1/_{50}$‴ messen, mit einem oder zwei Kernen und Kernkörperchen nebst kleinen Körnchen im Innern der Zelle; ausserdem kleinere runde Körperchen, welche man Schleim- oder Speichelkörperchen

Mikroskopische Bestandtheile der Mundflüssigkeit.

---

1) Man vgl. Tiedemann u. Gmelin, Verdauung nach Vers. I, 9. — Wright on the phys. of the Saliva. Lond. 1842. — Jacubowitsch in Liebig's Ann. LXXIX, 156. — Frerichs in Wagner's Handwörterb. II, 762. — Lehmann, Phys. Chemie II. — Enderlin in Lieb. Ann. IXL, 317.

2) Treviranus, Biologie IV, 339. — Tiedemann u. Gmelin, L. c. — Dass wirklich durch Rhodankalium und nicht durch essigsaure Salze die blutrothe Färbung entsteht, darüber vgl. Hünefeld, Chemie u. Medicin. Berlin 1841, II, 50. — Pettenkofer in Buchner's Repert. XVI, 834.

3) Marchand, Phys. Chemie, p. 410.

4) Wöhler u. Frerichs in Liebig's Ann. 1848.

Digitized by Google

nennt, $^1/_{200}$‴ gross, mit Kern, Kernkörperchen und körniger Masse. Mit Recht bemerkt Donders, dass dieselben von dem Boden der Mundhöhle durch Drücken oder Saugen zu Tausenden gewonnen werden können. Er vermuthet, dass sie von den Schleimdrüsen dieser Gegend herrühren. Es bleibt jedoch ihre Entstehung noch näher zu untersuchen. Kölliker ist geneigt, sie für Epithelzellen anzusehen, welche aus tiefern Schichten des Epithelialüberzuges herkommen. Jedoch finden sich nach Donders keine Übergangsformen und andrerseits zeigt sich nach demselben Beobachter keine Spur dieser Schleimkörperchen auf der Zungenspitze, wenn dieselbe abgewischt und ein paar Minuten nachher abgekratzt wird.

Figur 26.

a Epithelialzellen aus dem Munde.
b Speichelkörperchen.

219. Die Abstossung des Epithels auf der Schleimhaut der Mundhöhle und der Zunge ist ein ununterbrochen vor sich gehender Process, so dass also die Neubildung auf der Schleimhaut sehr lebhaft sein muss. Hiermit übereinstimmend ist der grosse Reichthum der Blutgefässe dieser Theile. Ohne Zweifel hat die Bewegung der Zunge und die Reibung der auf ihr befindlichen Speisen und Getränke einen grossen Einfluss auf die Abstossung des Epithels, weshalb auch in der Nacht dasselbe sich mehr anhäuft und am Morgen die Zunge weisser ist. — Auch scheint die Blutcirculation einen grossen Einfluss auf die Abstossung zu haben.

Diastatische Wirkung der Mundflüssigkeit.

220. Die Mundflüssigkeit besitzt die von Leuchs [1]) entdeckte Eigenschaft, Stärkekleister in Dextrin und Traubenzucker umzuwandeln. Sie ist also hierin dem im keimenden Getreide sich erzeugenden Stoffe, Diastas genannt, vergleichbar. Über die diastatische Eigenschaft des Speichels sind sehr viele Versuche gemacht worden.[2]) Die Resultate sind jedoch häufig nicht übereinstimmend. — Ich [3]) habe zahlreiche Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt, indem ich mich stets der gleichen Quantität Stärkemehl und der gleichen Menge Mundflüssigkeit bediente; 10 Milligramm. Stärke wurden mit 1 C. C. destillirtem Wasser in einem Reagenzgläschen zu Kleister gekocht und 3 C. C. Mundflüssigkeit angewandt. Wird beides zu-

1) Leuchs in Kastner's Archiv 1831. XXII, 106. Zuerst bestätigt von Schwann in Poggend. Ann. XXXVIII, 358.

2) Hierüber sind zu vergleichen Frerichs, l. c.; Jacubowitsch, l. c.; Wright, l. c.; Mialhe, Compt. rend. 1845, XX, 1347.

3) Vgl. Budge in Archiv f. phys. Heilk. 1860.

Digitized by Google

sammen gethan und nach der Trommer'schen Probe auf Zucker untersucht, so zeigt sich, wovon ich mich hundertfältig überzeugt habe, auf der Stelle Zucker, wie schon Jacubowitsch mit Recht bemerkt, so dass also nur soviel Zeit vergeht, als eben die Ausführung der Operation erfordert.

221. Ungekochte Stärke hingegen muss oft $^1/_2$ bis 1 Stunde mit Speichel bei Körperwärme in Verbindung sein, ehe Zucker sich bildet.

Trommersche Zuckerprobe.

222. Die Trommersche[1]) Zuckerprobe gründet sich im Allgemeinen darauf, dass bei Gegenwart verschiedener organischer Substanzen das durch Ätzkali oder Ätznatron erzeugte Kupferoxydhydrat in einem Überschuss beider Alkalien löslich ist. Bestehen diese organischen Substanzen aus Stärke- oder Traubenzucker, Frucht- und Milchzucker, so entsteht beim Erwärmen der Auflösung Kupferoxydul. Dieselbe verliert alsdann ihre schöne blaue Farbe und geht, je nach der Quantität dieser drei genannten Zuckerarten, anfangs in eine grünliche, später in eine gelbe, orangenfarbene, oder auch in eine rothe Färbung über, bis zuletzt in der Regel ein wirklicher Niederschlag von letzterer Farbe entsteht.

Dieses Reductionsvermögen ist bis jetzt unter den angegebenen Verhältnissen nur bei jenen drei genannten Zuckerarten beobachtet worden, und man ist mit Hülfe dieser Erscheinung im Stande, die kleinsten Quantitäten der einen oder der andern dieser Zuckerarten, selbst bis zu $^1/_{100.000}$ derselben zu entdecken.

Am zweckmässigsten verfährt man hierbei auf folgende Weise:

Die zu prüfende Substanz, welche, wenn sie noch nicht flüssig ist, durch Auflösen in Wasser flüssig gemacht werden muss, wird mit ungefähr $^1/_4$ Ätzkali- oder Ätznatronflüssigkeit von 1,20 bis 1,30 spec. Gewicht vermischt. Hierauf setzt man einige Tropfen einer verdünnten Auflösung von reinem schwefelsauren Kupferoxyd hinzu und rührt oder schüttelt das Ganze gut um. Löst sich hierbei das anfangs ausgeschiedene Kupferoxydhydrat vollständig wieder auf, und erscheint die Flüssigkeit blau gefärbt, dabei aber vollkommen klar, so kann man noch einige Tropfen der Kupfervitriollösung zusetzen. In der Regel, wenn die Menge des Zuckers nicht zu gering ist, löst sich alsdann auch dieses Kupferoxydhydrat wieder auf. Die aufgelöste Menge des Letztern steht zu der vorhandenen Zuckermenge in einem gewissen Verhältnisse. Bedingungen sind stets: dass 1) das Kali oder Natron vorwalte, und dass 2) die Flüssigkeit nach dem Zusatze des Kupfervitriols vollkommen klar sei. Löst sich daher

---

1) Diese Mittheilung rührt von Prof. Trommer selbst her.

Digitized by Google

das Kupferoxydhydrat nicht vollständig wieder auf, und erscheint die blaue Flüssigkeit trübe, so muss dieselbe unter allen Umständen filtrirt werden.

Ist die zu prüfende Flüssigkeit von vornherein trübe und gefärbt, und kann dieselbe durch blosses Filtriren nicht entfärbt werden, so setze man derselben zunächst eine passende Quantität basisch essigsauren Bleioxyds (Bleiessig) hinzu. Die abfiltrirte farblose Flüssigkeit muss dann jedoch vor der weitern Prüfung von ihrem Bleigehalt befreit werden. Dies geschieht am zweckmässigsten, indem man derselben eine Auflösung von phosphorsaurem Natron so lange hinzusetzt, als noch Bleioxyd dadurch gefällt wird. Nachdem zum zweiten Male filtrirt worden ist, schreitet man zu der eigentlichen Prüfung.

Die mit dem Kali oder Natron und dem schwefelsauren Kupferoxyd in oben angegebener Weise versetzte und unter allen Umständen klare Flüssigkeit, mag dieselbe eine auffallend blaue Farbe besitzen, oder nicht, wird in einem Wasserbade erwärmt. Ist die Temperatur der Flüssigkeit bis zu ungefähr 70 bis 80° C. gestiegen, so tritt bei Gegenwart einer der genannten Zuckerarten jene Reduction des Kupferoxyds zu Kupferoxydul ein. Die Flüssigkeit verändert in dem Masse ihre Farbe, und es entsteht zuletzt ein orangefarbener oder rother Niederschlag. Nur in dem Falle, wo sehr kleine Quantitäten einer dieser Zuckerarten im Verein mit einer Ammoniakverbindung vorhanden sind, entsteht in der Regel keine Ausscheidung des Kupferoxyduls, sondern letzteres bleibt in dem gleichzeitig frei gewordenen Ammoniak aufgelöst. Es tritt alsdann eine blasse Gelbfärbung der Flüssigkeit ein.

Zu den anorganischen Verbindungen, welche ebenfalls eine Auflösung des Kupferoxydhydrats unter oben angegebenen Verhältnissen hervorbringen, gehören verschiedene organische Säuren oder deren Verbindungen, ferner Asparagin, Mannit, Glycerin, Eiweiss, Harnstoff u. s. w.; endlich auch der Rohrzucker. Nie aber reduciren diese Substanzen das Kupferoxyd zu Kupferoxydul, und wenn beim Rohrzucker eine derartige Reduction dennoch eintritt, so rührt dieselbe vom anhängenden Fruchtzucker her, welcher selbst dem reinsten Rohrzucker, wie derselbe im Handel zu haben ist, nicht ganz fehlt.

Nur das Dextrin, jene eigenthümliche metamorphosirte Substanz des Stärkemehls, welches bei allen Gelegenheiten, wo letzteres in Zucker übergeht, gebildet wird, und gleichsam als Mittelglied zwischen Zucker und Stärkemehl zu betrachten ist, löst nicht allein das Kupferoxyd auf, sondern reducirt dasselbe auch. Indessen ist es äusserst schwierig, das Dextrin von dem anhängenden Zucker zu befreien, sowie es auf der andern Seite bei der Beschaffenheit dieser Substanz

Digitized by Google

sehr leicht sein kann, dass dieselbe während der Untersuchung selbst sich theilweise in Zucker umändert. Aufgelöstes Stärkemehl, Pectin, Schleim (Pflanzen- wie Thierschleim), Harnsäure und Hippursäure bewirken hingegen eine solche Lösung des Kupferoxydhydrats nicht, obgleich sie sich ebenfalls mit demselben verbinden. Wird der mit thierischem Schleim, sowie mit der Harn- und Hippursäure erzeugte grünliche oder bläuliche Niederschlag eine Zeit lang erwärmt, so tritt allerdings eine geringe Reduction des Kupferoxyds zu Kupferoxydul ein. Indessen beeinträchtigt dies durchaus nicht die eigentliche Zuckerprobe, da wir es in eben genanntem Falle nicht mit einer Auflösung zu thun haben, und uns daher mit Hülfe der Filtration stets gegen Irrthümer, welche durch diese Substanzen entstehen dürften, schützen können.

In diesen Fällen schadet nicht einmal die Gegenwart des freien Ammoniaks. Denn obgleich durch das letztere bekanntlich schon an und für sich Kupferoxydhydrat aufgelöst wird, und sonach auch von den erwähnten Verbindungen leicht etwas aufgelöst werden könnte, so findet dennoch in der abfiltrirten Flüssigkeit eine derartige Reduction durchaus nicht statt.

Thierische Flüssigkeiten, wie z. B. Harn, wenn dieselben auf Zucker geprüft werden sollen, behandelt man am zweckmässigsten zuvor mit basisch essigsaurem Bleioxyd, in der Art, wie es oben beschrieben wurde. Man wird hierbei finden, dass in jedem Harne, selbst des gesundesten Menschen, sowie in dem Harne aller pflanzenfressenden Thiere, stets eine, wenn auch nur äusserst geringe Reduction des Kupferoxyds stattfindet. Durch die Gegenwart von Ammoniaksalzen, wenn solche im frischen Harne vorhanden sind, bliebe unter den gewöhnlichen Verhältnissen die kleine Quantität des Kupferoxyduls aufgelöst, und man würde nur eine mehr oder weniger gelb gefärbte Flüssigkeit erhalten.

Blut, wenn dasselbe auf Zucker geprüft werden soll, muss zuvor bis zur vollständigen Gerinnung des Eiweisses erhitzt werden. Die geronnene und fein vertheilte Masse wird auf ein Filter gebracht und mit heissem Wasser zu verschiedenen Malen ausgewaschen oder ausgesüsst. Ist die Masse der abfiltrirten Flüssigkeit einigermassen beträchtlich, so muss ein Theil derselben durch Verdampfen beseitigt werden, damit die zu prüfende Flüssigkeit möglichst concentrirt werde. Doch wird auch diese Flüssigkeit vor ihrer weitern Prüfung mit basisch essigsaurem Bleioxyd behandelt.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass man auf diese Weise jene drei Zuckerarten nicht von einander unterscheiden kann. Der Fruchtzucker reducirt zwar bei einer geringeren Temperatur, als der

Digitized by Google

Trauben- und der Milchzucker, indessen würde es doch sehr gewagt sein, hierauf ein Unterscheidungsmerkmal zu gründen.

Um zu erfahren, wie lange es dauert, bis eine gewisse Menge Stärke durch Speichel ganz in Traubenzucker umgesetzt ist, bedient man sich einer Auflösung von Jod in Jodkalium, wodurch die Empfindlichkeit noch beträchtlich sich steigert. Auf 3 bis 4 Gran Jod kommt die dreifache Menge Jodkalium und 2 Unzen Wasser.

223. Da die Entstehung des Kupferoxyduls sowohl, als auch dessen Quantität, zu derjenigen einer dieser Zuckerarten in einem bestimmten Verhältnisse steht, so lässt sich diese Erscheinung auch benutzen, um dieselben, wenn sie getrennt vorkommen, auch quantitativ zu bestimmen.

Fehling'sche Methode.

224. Man nehme nach Fehling: 40 Grm. krystallisirten Kupfervitriol, gelöst in der 4fachen Menge Wasser, eine concentrirte Lösung von 160 Grm. einfach weinsaurem Kali, 560 Grm. Ätznatronlauge und soviel Wasser, dass das Volumen der Flüssigkeit bei + 15° C. 1 Litre beträgt. In einen Glascylinder, auf welchem Cubikcentimeter abgetheilt sind, werden 10 C. C. von dieser erwärmten blauen Probeflüssigkeit hineingegossen, und aus einem in Millimeter getheilten Tropfglase (Bürette) die zu prüfende Flüssigkeit so lange hinzugetröpfelt, bis die blaue Farbe gänzlich verschwunden ist. Um diese Entfärbung herbeizuführen, sind genau 0,0577 Grm. Trauben- (Krümel-)Zucker erforderlich. Da man an dem Tropfglase sehen kann, wieviel Flüssigkeit gebraucht worden ist, so kann man genau berechnen, wieviel Zucker in der Flüssigkeit enthalten war (1 Grm. = 16,4 Gran preuss. Medicinal-Gewicht. 1 Litre = 1000 C. C. 1 Litre Wasser wiegt bei + 4° C. 1000 Grm. = 1 Kilogramm = 2 Pfd. Zollvereinsgewicht.

Städelersche Methode der Zuckerbestimmung.

225. Die Städeler'sche Methode [1]) ist folgende: Die Kupferoxydlösung enthält 1% metallisches Kupfer (= 1,25% Kupferoxyd), die Kalilösung 15% käufliches Kalihydrat, die Weinsäurelösung 37,5% krystallisirte Weinsäure. Die Lösungen werden in etwas weithalsigen Medicingläsern aufbewahrt, durch deren Kork enge Pipetten gesteckt sind, die man mit einer Marke versieht, welche bei der Kupferoxyd- und der Kalilösung 10 C. C. anzeigt, bei der Weinsäurelösung 2 C. C. Die Vermischung dieser Flüssigkeiten ist bei der angegebenen Einrichtung in wenigen Augenblicken ausgeführt, und man hat den Vortheil, eine Probeflüssigkeit zu besitzen, die durch blosses Kochen ohne Zucker niemals Kupferoxyd absetzt, denn auch die Weinsäure erhält sich bei dieser Concentration sehr lange unzersetzt, und sollte eine vorläufige Probe die bereits begonnene

1) Neukomm in Archiv f. Anat. 1860, p. 7. Fehling in Archiv für phys. Heilk. VII, 64.

Digitized by Google

Zersetzung anzeigen, so ist nur nöthig, die Weinsäurelösung durch eine neue zu ersetzen, was in wenigen Minuten geschehen kann.

Vor Anstellung der Probe verdünnt man die gemischten Lösungen mit dem gleichen Volum Wasser, erhitzt bis nahe zum Sieden und setzt tropfenweise die auf Zucker zu prüfende Flüssigkeit zu, so dass Kupfer im Überschusse vorhanden bleibt. Das sich abscheidende Kupferoxydul zeigt dann mit nur ganz seltnen Ausnahmen eine schöne, tiefrothe Farbe.

226. Nach ½ bis ¾ Stunden werden in der Regel 3 Cubikcentimeter Kleister vollständig in Zucker umgewandelt, Jod bringt dann keine blaue Färbung mehr [1]) hervor. Es ändert sich dies indess bei verschiedenen Menschen und selbst bei demselben Menschen in verschiedenen Zeiten; ich habe die Wirkung bei Einem schon in 25 Minuten, bei einem Andern erst in 45 Minuten eintreten gesehen, was vielleicht auf das Verdauungsvermögen von Einfluss sein kann. Sehr wichtig ist die Wärme. Vollständig gefrorner Speichel, welcher eine Nacht hindurch im Winter im Freien war, zeigte nach dem Aufthauen seine diastatische Kraft noch sehr gut. — Wurde Speichel 14 Stunden lang in Eis gesetzt, so dass seine Temperatur immer zwischen 0 und + 1 war, so war sein Saccharificationsvermögen nicht aufgehoben. Während bei einer Temperatur von 28° R. 25 Minuten erforderlich waren, um die angegebene Menge Stärke vollständig umzuwandeln, reichten bei 45° R. 5, selbst 3 Minuten schon aus. Ich habe gerade diese Temperatur gewählt, weil die Speisen, wie sie auf den Tisch kommen, gewöhnlich diese Wärme haben und oft so genossen werden. Es leuchtet ein, wie viel leichter warme amylumhaltige Substanzen löslich gemacht werden, als kalte.

Wird Speichel nur ganz kurze Zeit gekocht, so hat er noch diastatische Kraft. Diese geht jedoch verloren, sobald das Kochen nur etwa ½ Minute fortgesetzt wird.

Wenn ich zu ½ Milligramm Stärkekleister 3 C. C. Speichel goss und nur 15 Secunden später Jodlösung eintröpfelte, so sah man schon keine Bläuung mehr. Wenn ich hingegen mit eben so viel Speichel Jod mischte und dann erst ½ Milligramm Stärkekleister hinzubrachte, so war die intensive blaue Färbung vorhanden. Wenn blauer Jodstärkekleister mit der ausreichenden Menge Speichel in der Körper-

---

1) Nach Béchamp (Longet Phys. I, 2, p. 166) sollen organische Flüssigkeiten die Fähigkeit des Jods, die Stärke blau zu färben, vernichten, was durch Zusatz von Salpetersäure wieder aufgehoben würde. — Hingegen finde ich, wenn ich 1 Milligramm Stärkekleister in eine Mischung von Speichel mit Jod giesse, sehr intensive blaue Färbung.

Digitized by Google

temperatur bleibt, so verschwindet die blaue Farbe nach und nach ganz, indem die Verdunstung erfolgt.

Wurde 3 C. C. Speichel, 10 Mgrm. Kleister und 10 Tropfen verdünnte Salzsäure (1 Salzsäure 50 Wasser) mit einander gemischt, so war nach einer halben Stunde die Stärke keineswegs verschwunden, vielmehr färbte sich Jodtinctur noch sehr stark blau. — Wurden nur 6 Tropfen Säure angewandt, so war in derselben Zeit nur geringe Bläue vorhanden und bei 3 Tropfen Säure keine Spur mehr. Hieraus erklären sich die verschiedenen Angaben, in welchen die Einen sagen, durch Säure werde das Saccharificationsvermögen aufgehoben, die Andern es verneinen, und ein Dritter sich verwundert, dass ihm aller Bemühungen ungeachtet „früher die Umwandlung der Stärke in Zucker missglückt und später geglückt sei.“ [1])

Galle hebt die Fähigkeit der Umbildung nicht auf. Die diastatische Wirkung der Mundflüssigkeit ist weder dem Speichel, noch dem Schleime allein zuzuschreiben. Beide wirken zwar, und nach meiner Beobachtung der Schleim mehr als der Speichel. Aber die Verbindung beider macht die stärkste Wirkung (Jacubowitsch).

Den Stoff, welchem diese Eigenschaft zukommt, zu scheiden, ist noch nicht gelungen. Mialhe hat Versuche darüber angestellt. Kölliker und Müller sprechen dem Alkoholextract diastatische Eigenschaften ab, Vintschgau hingegen zu.

Nach Städeler [2]) verwandelt die Mundflüssigkeit Salicin in Zucker und Saligenin, ähnlich wie es das Amygdalin thut.

2) Speichel. 227 - 243.

227. Der Speichel ist das Product der beiden Ohr-, Unterkiefer- und Unterzungen-Speicheldrüsen, welche ausserhalb der Mundhöhle liegen, während ihre offenen Enden innerhalb derselben münden.

228. Wie bei allen Secretionen kommen auch bei der des Speichels drei Factoren in Betracht, von denen aber bis jetzt nur zwei einigermassen bekannt sind, 1) das Blut, welches den bildenden Stoff hergibt; 2) die Nerven, vgl. No. 231 fg.; 3) die Drüsenmasse, welche durch eine noch unermittelte Kraft die Flüssigkeit bereitet. — Die Speicheldrüsen verhalten sich nicht gegen alle Stoffe gleich, manche Substanzen gehen leicht in den Speichel über, so besonders Jodkalium, Brom, Quecksilber, nicht aber Kaliumeisencyanür (Bernard).

229. Die Menge des in einer gewissen Zeit abgesonderten Speichels hängt sehr von der Menge und dem Wassergehalte der Nahrung ab. Mitscherlich sammelte aus der Parotisfistel eines Kranken in

---

1) Vgl. Bernard, Arch. gén. 1847. — v. Setten, De saliva. Gron. 1837. — Lehmann, Phys. Chem. I, 33. — Jacubowitsch. Frerichs l. c.

2) Städeler in Liebig's Ann. LXXII, 250.

Digitized by Google

24 Stunden 65 bis 95 Grm.; Jacubowitsch an sich in 38 Minuten 60 Grm.; Bidder und Schmidt berechnen die Menge in 24 Stunden auf 1500 Grm. — Ich halte jedoch nach den an mir gemachten Erfahrungen diese Zahl für zu gross.

aα) Gewinnung reinen Speichels.

230. Um reinen Speichel zu gewinnen, kann man verschiedene Wege einschlagen: 1) Wenn man die Zungenspitze an die hintere Zahnfläche des Oberkiefers anlegt, so erscheinen neben dem frenulum linguae die ungefähr $^1/_4$''' weiten Öffnungen der glandulae submaxillares, welche auch meistens die Mündungen der glandulae sublinguales zugleich sind. Wird ein scharfer Stoff, wie Senf, auf die Zunge gebracht, so spritzt oft in einem kleinen Strahle die reine, helle Speichelflüssigkeit aus. Bei manchen Menschen gelingt der Versuch nach einiger Übung auffallend leicht. — 2) Bei zuvor gefühllos gemachten Thieren legt man die Ausführungsgänge bloss, öffnet dieselben und bringt eine feine silberne Röhre ein (künstliche Speichelfistel). 3) Bei Menschen kommen zuweilen krankhaft solche widernatürliche, nach Aussen communicirende Öffnungen der Speicheldrüsengänge, Speichelfisteln genannt, vor. Solche Beobachtungen wurden von C. G. Mitscherlich,[1]) v. Setten,[2]) Cl. Bernard[3]) gemacht. 4) Wenn man die ausgespuckte Mundflüssigkeit stehen lässt, setzt sich der Schleim grösstentheils zu Boden; die darüberstehende Flüssigkeit ist zwar nicht ganz, doch ziemlich reiner Speichel. Besonders dienlich ist es, den Mund zu öffnen und die Unterlippe etwas herab zu senken, zumal wenn eine scharfe Flüssigkeit, wie kölnisches Wasser oder gar Creosot in den Mund gebracht worden ist. 5) Nach dem Tode plötzlich gestorbener Menschen kann man öfters durch leichten Druck der durchgeschnittenen Ausführungsgänge einige Tropfen gewinnen. 6) Der filtrirte, wässrige Auszug der Speicheldrüsen selbst gleicht dem Speichel einigermassen.

ββ) Mechanismus der Speichelabsonderung.

231. Ludwig und Rahn[4]) haben bei Hunden die glandula submaxillaris mit ihrem Ausführungsgange und dem zu jener hinlaufenden Aste des n. lingualis blossgelegt, in den Ausführungsgang ein Manometer eingebracht und den Nerven galvanisch gereizt. Hiernach beobachteten sie, dass die Drüse sich ausdehnte, der Speichel durch die Wände des Ausführungsganges drang und eine grosse Menge des ersteren in der Röhre aufstieg, und zwar so, dass der Druck höher als der Blutdruck war. Dieses Aufsteigen zeigte sich sogar,

---

1) Mitscherlich in Pogg. Ann. XXVII, 320.
2) v. Setten, de Saliva. Gron. 1837.
3) Cl. Bernard in Arch. gén. 1847. t. XIII. C. rend. 1852. 16. févr. — Leçons 1856.
4) Ludwig in Zeitschr. f. rat. Med. I, 255.

Digitized by Google

nachdem das Herz des Thieres aufgehört hatte zu schlagen. — Reizung des Ausführungsganges brachte keine Contraction hervor, ebenso wenig Reizung des ductus Stenonianus. — Im ductus Whartonianus kommen zwar nach Kölliker's Angabe Muskelfasern vor, nicht aber im ductus Stenonianus. — In welcher Weise die Speichelabsonderung zu Stande kommt, ist noch nicht aufgeklärt. Die meiste Wahrscheinlichkeit hat für mich, dass die Drüsenzellen Contractionsfähigkeit besitzen. Bei andern Zellen ist diese Eigenschaft constatirt.

Wirkung der Nerven auf die Speichelsecretion.

232. Der oben angegebene Ast des n. lingualis enthält sowohl Fasern des n. trigeminus, als auch des n. facialis, da die chorda tympani, ein Zweig der letztern Nerven, mit den Ästen des n. lingualis zur Unterkieferdrüse geht. Durch Bernard ist nachgewiesen, dass Reizung der chorda tympani gleichfalls die Speichelsecretion stark vermehrt, wonach also die secernirende Wirkung des lingualis-Astes höchst wahrscheinlich allein von der chorda herrührt. — Wird der n. trigeminus in der Schädelhöhle durchgeschnitten und sein centrales Ende gereizt, so vermehrt sich gleichfalls der Speichelfluss. Der Weg, den die Nervenreizung in diesem Falle nimmt, kann kein anderer sein, als von dem abgeschnittenen Ende des n. trigeminus nach dem Ursprunge des n. trigeminus hin, und von da entsteht eine Übertragung auf den n. facialis und dessen chorda tympani.

Durchschneidung des n. facialis in der Schädelhöhle hebt die Speichelsecretion in der gl. submaxillaris und parotis auf (Bernard). Eine ähnliche Wirkung auf den n. facialis und dadurch auf die Speichelsecretion, wie durch das centrale Ende des n. trigeminus wird auch vermittelst des n. glossopharyngeus ausgeübt (Rahn).

Der Ast des n. lingualis und der Ast der chorda gelangen bekanntlich, ehe sie die Speicheldrüse erreichen, an das ganglion maxillare, welches oberhalb der Drüse liegt. Zu diesem ganglion tritt aber auch noch ein Fädchen des plexus maxillaris externus. Dieser Nervenplexus stammt hauptsächlich von den nervi carotici externi des ganglion supremum n. sympathici, und begleitet die Arterie gleichen Namens. Man hat neuerlich gefunden (Ludwig, Czermak, Bernard), dass Reizung des n. sympathicus am Halse die Speichelsecretion gleichfalls vermehrt. — (Nach einer Beobachtung von Czermak [1]) soll eine durch Reizung des n. lingualis-Astes hervorgerufene Vermehrung des Speichelflusses durch Reizung des n. sympathicus verlangsamt werden.)

233. Es gibt somit zwei Nerven, deren Reizung Vermehrung der

---

1) Czermak in Sitzungsber. der Wiener Akad.

Digitized by Google

Speichelsecretion bewirkt, n. sympathicus cervicalis und n. facialis. Ob auch, wie durch Erregung des n. trigeminus, vom n. vagus aus der n. facialis und seine chorda zu grösserer Absonderung von Speichel veranlasst werden kann, ist noch nicht durch Versuche festgestellt, verdient aber Beachtung, weil dann der Einfluss von Gemüthsaffecten auf die Speichelung leichter verständlich wäre. Denn kein Gebiet wird so leicht von Seeleneinflüssen afficirt, als dasjenige, in welchem der n. vagus sich verbreitet.

234. Ohne alle Erregung scheint Speichelabfluss nicht statt zu finden. Wenigstens haben die verschiedenen Beobachter von Speichelfisteln nur dann Speichel sich ergiessen gesehen, wenn gekaut wurde.[1]) Die steten Bewegungen innerhalb der Mundhöhle lassen aber wahrscheinlich während des Tages nie ein vollständiges Aufhören erfolgen.

γγ) Eigenschaften und Bestandtheile des Parotidenspeichels.

235. Der Parotidenspeichel ist wasserhell, fadenziehend, alkalisch,[2]) geschmack- und geruchlos, beim Menschen von 1,0061 und 1,0088 spec. Gew. (Mitscherlich). Er enthält nach Lehmann eine dem Natronalbuminat ähnliche, an Kali, Natron und Kalk gebundene lösliche Substanz, ferner Rhodankalium, was von Andern nicht darin gefunden wurde, einen in Alkohol und Wasser löslichen, durch Gerbsäure, nicht durch Alaun fällbaren Extractivstoff, kohlensauren Kalk, Chlornatrium, Chlorkalium, wenig phosphorsaure und schwefelsaure Salze. — Wasser beim Menschen 98,532 bis 98,368% (Mitscherlich), beim Hunde 99,53% (Jacubowitsch). — In dem ausgepressten Speichel aus dem ductus Stenonianus frischer Leichen habe ich Drüsenelemente gefunden. Donders gibt an, in allen Speichelarten solche Drüsenzellen, welche häufig in Fettmetamorphose begriffen waren, angetroffen zu haben. — Den aus der Parotis ausgepressten Saft von Leichen habe ich mit entschiedener diastatischer Kraft versehen beobachtet. Der ausgedrückte Saft der parotis von Kaninchen und Kühen, mit der Trommer'schen Probe behandelt, reducirt deutlich das Kupferoxyd. Hingegen scheint die diastatische Kraft des Speichels selbst äusserst gering zu sein.

δδ) Eigenschaften und Bestandtheile des Submaxillarspeichels.

236. Der Submaxillarspeichel ist zäher als der Parotidenspeichel, schleimiger, fadenziehender (Bernard), hat nach Jacubowitsch beim Hunde mehr feste Bestandtheile als jener (= 0,855%:0,47). Dieselben sind 0,289 organische Materie, 0,450 phosphorsaures Natron, Chlor-

---

1) Mitscherlich l. c. — Ludwig (Henle, Zeitschr. I, 276). — Hekmeyer in Donders Phys. I, 191.

2) Im nüchternen Zustande fand ihn bei dem Manne mit der Speichelfistel Mitscherlich auch sauer. — Man vgl. über die verschiedenen Arten von Speichel Lassaigne chim. — Tiedemann u. Gmelin l. c. — Magendie, Rayer, Payen in Compt. rend. 1845. oct. 20.

Digitized by Google

kalium, Chlornatrium, Rhodankalium, 0,116 phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia. — Nach meinen Beobachtungen an einem gesunden Menschen, der ihn mit Leichtigkeit ausspritzte, enthält dieser Speichel gar keine mikroskopischen Bestandtheile. — Bei Leichen von wenige Tage alten Kindern fand ich zwei Mal eine Menge von Speichelkörperchen in der in dem ductus Whartonianus enthaltenen Flüssigkeit. Bei dem einen war indess deutlicher Mundcatarrh vorhanden. — Der ausgepresste Drüsensaft wandelt Stärke leicht um, auch besitzt der Submaxillarspeichel selbst jedenfalls stärkere diastatische Kraft als der Parotidenspeichel.

c) Eigenschaften und Bestandtheile des Sublingualspeichels.

237. Der Speichel der glandula sublingualis ist nach Bernard noch fadenziehender als der vorige, enthält nach Longet Rhodankalium und nach Bidder und Schmidt 0,98% feste Stoffe.

Schleim im Speichel.

238. In jedem Speichel scheint Schleim vorhanden zu sein. Werden nach Städeler [1]) Speicheldrüsen mit Glaspulver zerrieben, mit kaltem Wasser (zur Entfernung des Eiweisses) und mit etwas Essigsäure enthaltendem Wasser (zur Wegnahme des Alkali) behandelt, so scheidet sich Schleim in dicken Flocken ab, die sich leicht filtriren und durch Weingeist und Äther von Fett befreien lassen.

ζ) Functionen der Speicheldrüsen.

239. In Bezug auf die Functionen des Speichels fragt es sich zunächst, ob die gänzliche Exstirpation sämmtlicher Drüsen das Leben gefährdet oder wenigstens sichtlich die Verdauung und Ernährung beeinträchtigt. Colson (Bull. de l'acd. des sc. 1841. 17. Mai) hatte bei Thieren die glandula submaxillaris exstirpirt. Ich habe zuerst 1842 [2]) sämmtliche Drüsen ausgerottet, und neuerlich wurde dasselbe von Lent [3]) im hiesigen physiologischen Institute wiederholt. Das Resultat aller Untersuchungen war durchaus das gleiche. Die Thiere bleiben nicht nur am Leben, sondern es zeigt sich auch keine krankhafte Erscheinung, sie fressen wie zuvor, magern nicht ab, ihre Secretionen lassen nichts Abnormes bemerken. [4]) — Bei Menschen ist gleichfalls schon die ganze Parotis exstirpirt worden. [5]) Später (1852) wurden von Jacubowitsch auch die Ausführungsgänge der Drüsen bei Thieren unterbunden, ohne dass eine Störung der Verdauung eintrat. Die Exstirpation verdient indess den Vorzug, wenn man die Entbehrlichkeit

1) Städeler in Liebig's Ann. B. 111.

2) Budge in medic. Zeitung. Berlin 1842, p. 82.

3) Lent, De succ. gastrici fac. ad amylum permut. Gryph. 1858.

4) Lehmann lässt aber meine wirklich gemachte Erfahrung, ohne sie zu widerlegen, nicht als schlussfertig gelten, und setzt dafür seine Erfahrungen, die grösstentheils unrichtig sind, als die schlussfertigen hin.

5) Bardeleben, Chir. III, 412.

Digitized by Google

der Drüsen beweisen will, weil die Ausführungsgänge nach Unterbindungen wieder gangbar werden können.

240. Durch alle Versuche ist also ermittelt, dass ohne Mitwirkung der Speicheldrüsen im Munde die Ernährung ungestört fortbestehen kann; ohne Zweifel deshalb, weil dann andere Organe die Function der Speicheldrüsen ausführen. Man weiss nicht nur von dem pancreas, sondern auch dem Darmsafte (Zander), sowie von vielen sich zersetzenden Substanzen, Leim, Gehirnmasse u. s. w. (Magendie, Liebig), dass auch diese Stoffe diastatische Wirkung, jedoch in viel geringerem Grade, haben.

241. Nach Bernard ist der Speichel der drei Drüsen verschieden. Der aus der glandula sublingualis ist dick und klebrig und macht die Körper, die er berührt, schlüpfrig, ohne die löslichen aufzulösen. Der aus der glandula parotis ist dünn und löst mit grösster Leichtigkeit die löslichen Stoffe auf. Der aus der glandula submaxillaris steht in der Mitte. Wird die gl. sublingualis selbst in Wasser eingeweicht, so wird das Wasser davon klebrig, was niemals bei der gl. parotis der Fall ist. Beim Genusse trockner Nahrungsmittel sondert die gl. parotis viel mehr ab, während die Absonderung bei feuchten Nahrungsmitteln ausserordentlich gering ist. Die Menge des Speichels nach dem Genusse trockner Nahrungsmittel innerhalb einer Stunde kann das Gewicht der Drüse sogar 8 bis 10 Mal übersteigen. Der Speichel der gl. sublingualis fliesst erst nach vollendetem Kauen und während des Schlingens reichlich. Der Speichel der gl. submaxillaris endlich wird besonders dann secernirt, wenn stark schmeckende Substanzen, z. B. Essig, in den Mund kommen.

242. Der Speichel und die gesammte Mundflüssigkeit vermag nach den Versuchen von Valentin, Frerichs u. A. die Proteinstoffe nicht aufzulösen, hingegen behaupten Wright und C. H. Schultz allerdings einen Einfluss bemerkt zu haben; vgl. auch unten (Magensaft).

243. Ob die mit dem Schaume des Speichels oder vielmehr des Schleimes verschluckte Luft und deren Sauerstoff einen Einfluss ausüben (Liebig), ist zweifelhaft. Die wichtigste Function des Speichels bleibt sein Vermögen das Amylum in Zucker umzuwandeln. — Dass der Speichel allein dies vermag, kann ich nach eignen Versuchen behaupten, jedoch nicht in dem Grade, als die gesammte Mundflüssigkeit.

244. Die Secretionsorgane des Schleimes sind kleine traubenförmige Drüsen, welche im Wesentlichen ihres Baues mit den Speicheldrüsen übereinstimmen. Sie sind sehr zahlreich auf der Schleimhaut der Lippen, Wangen, Zunge, des harten und besonders weichen Gaumens. An manchen Stellen öffnen sie sich in die Höhle der

3) Schleim. 244—248.

Digitized by Google

sogenannten Balgdrüsen, [1]) welche an der Zungenwurzel an den Mandeln in grosser Menge vorkommen.

245. Die Reaction des Schleims in der Mundhöhle ist alkalisch, was ich zuerst dadurch nachgewiesen habe, dass bei Thieren, denen alle Speicheldrüsen exstirpirt waren, dennoch durch den Mund gezogenes rothes Lackmuspapier sich bläute. Von Jacubowitsch wurde dies später bestätigt. Jedoch kann dieser Schleim leicht sauer werden, wie dies auch beim Schleim in andern Organen der Fall ist.

246. Der Mundschleim zeigt sich in der Mundflüssigkeit in weissen, langen Fäden. Er enthält zum grössten Theile Epithelien; die Flüssigkeit ist darin nur sparsam. In derselben ist der sogenannte Schleimstoff oder Mucin, [2]) ein dem Eiweissstoffe sehr verwandter Körper. Er wird jedoch weder durch Kochen, noch durch Essigsäure und Kaliumeisencyanür, noch durch Sublimat, Gerbsäure, neutrales essigsaures Bleioxyd, wie das Eiweiss coagulirt. — Verdünnte Mineralsäuren präcipitiren das Mucin, concentrirte lösen es wieder auf. Auch verdünnte Alkalien lösen es auf, Essigsäure fällt es, ebenso Alkohol und basisch essigsaures Bleioxyd.

247. Verschiedene Forscher haben es wahrscheinlich gemacht, dass der Schleim das Product von Zellen sei, welche sich auflösen. [3])

248. Das wesentliche physikalische Zeichen des Schleims ist seine fadenziehende Beschaffenheit, wodurch er die Nahrungsstoffe schlüpfrig und zur Fortbewegung sehr geeignet macht.

b) Kaubewegung.

249. Die Kaubewegungen begreifen zwar im engern Sinne diejenigen Bewegungen, wodurch die gegenseitige Lage der Zähne der Ober- und Unterkinnlade verändert wird, sie werden aber wesentlich durch die Zungenbewegungen unterstützt.

a) Kaubewegungen im engern Sinne. 250—251.

250. Beim Kauen bewegt sich der Unterkiefer in dreierlei Weise.

1) Er wird herab- und heraufgezogen, so dass die Zähne sich von einander entfernen und wieder nähern. — Beim ersten Acte rückt der Unterkiefer gegen das Zungenbein hin. Der wichtigste Muskel dazu ist der m. digastricus, wie man schon sieht, wenn man an dem sehnigen Ansatzpunkte seines hintern Bauches in der incisura mastoidea zieht. Mit ihm wirken der m. genio- und mylohyoideus. Die Fasern des letztern laufen quer von einer Seite zur andern und können bei der Senkung der Unterkiefer nur wenig

---

1) Über die Structur der Balgdrüsen vgl. Kölliker, Gewebelehre 3. Aufl.

2) Vgl. Mulder u. Berzelius, Thierchemie, p. 534 (Nasenschleim). Kemp, Ann. d. Chem. XLIV, 115. Tilanus, De Saliva et muco. Amstel. 1849. Scherer, Unters. z. Path. Heidelb. 1843. Simon, Chem. II, 299.

3) Vgl. Scherer, Virchow, Schrant, Donders, Arch. f. phys. Heilk. XI, 881. Zeitschr. f. rat. Med. IV, 230.

Digitized by Google

wirken. Damit jedoch bei der Zusammenziehung dieser Muskeln das Zungenbein nicht gegen den Unterkiefer heraufgeführt werde, dazu dienen folgende drei an feste Knochen angewachsene Muskeln

am Schulterblatt der m. omohyoideus,
am Brustbein der m. sternohyoideus,
am Schläfenbein der m. stylohyoideus,
zum Theil der hintere Bauch des digastricus.

Der Unterkiefer wird hauptsächlich nach Oben gezogen durch den m. masseter und pterygoideus internus. Der temporalis wirkt zwar auch in derselben Art, jedoch vorzugsweise der vorderste Theil des Muskels. Wenn man an der Leiche den Unterkiefer schliesst, so faltet sich der hintere Theil des Muskels sehr wenig, hingegen wohl der hinter der Aussenwand der Augenhöhle liegende. — Bei der Aufwärtsbewegung des Unterkiefers treffen aber bekanntlich die Schärfen der Schneidezähne nicht auf die des Oberkiefers, weil die Bogen der Alveolarränder beider Knochen nicht gleich gross sind, vielmehr stehen die Schneiden der Unterkieferzähne hinter denen des Oberkiefers. — Die Backzähne des Oberkiefers greifen beim völligen Verschlusse mit ihrer vordersten Fläche gleichfalls etwas über die des Unterkiefers und diese liegen einigermassen in der Vertiefung, welche die Backzähne in ihrer Centralpartie zeigen. Die Unterkieferzähne sind daher oft an der vordern obern Fläche der Krone etwas abgeschliffen.

2) Er wird nach Vorn und Hinten gezogen. Die erstere Bewegung geschieht dadurch, dass der Gelenkkopf des Unterkiefers an die fossa sphenomaxillaris beiderseits durch den m. pterygoideus externus, welcher zwischen diesen Theilen liegt, angezogen wird. — Dies ist dadurch möglich, dass der Gelenkkopf so frei in dem Kiefergelenk liegt, dass er aus seiner Vertiefung in das davor liegende tuberculum articulare ausweichen kann.

Der Zug nach Hinten wird besonders durch die hintern Fasern des m. temporalis bewirkt, welche eine der horizontalen sich immer mehr nähernde Richtung annehmen, sowie auch durch den m. pterygoideus internus.

3) Er kann nach der Richtung von Rechts nach Links und von Links nach Rechts gedreht werden, wobei also die Backzähne sich nach Aussen und Innen zu an einander reiben. Dies geschieht abwechselnd auf der einen, dann auf der andern Seite. Diese Seitenbewegung kann in bedeutendem Grade ausgeführt werden, so dass die Zähne nicht mehr gegen einander überstehen, sondern die Schneidezähne sich um zwei Zahnbreiten verrücken. Hierbei steht der proc. condyloideus der einen Seite auf dem tuberculum articulare, der andere in der Gelenkgrube. Auf jener Seite ist der Alveolarrand

Digitized by Google

des Unterkiefers der Medianfläche des Kopfes, welche zwischen rechter und linker Hälfte liegend gedacht wird, näher; auf der andern Seite ist er von dieser Fläche entfernter als in der ruhigen Lage. Es kommen dabei nur die hintern Backzähne mit einander in Berührung. Diese mahlende Bewegung geschieht durch den m. pterygoideus externus einer Seite (wo nämlich der pr. cond. auf dem tuberc. art. steht), während der andere unthätig bleibt. Sie wird in ihrer grössten Ausdehnung beim gewöhnlichen Kauen seltner in Anwendung gesetzt, als das geringere Seitwärtsschieben in demselben Sinne. Bei letzterer scheint ausser dem m. pterygoideus externus auch die hintere Portion des m. temporalis der andern Seite mitzuwirken, und den processus coronoideus dem Schläfenfortsatze des Jochbeins näher zu rücken.

Das Verschieben des proc. condyloideus in der Gelenkgrube wird durch einen Zwischenknorpel wesentlich erleichtert, worüber die anatomischen Werke zu vergleichen sind.

251. Beim Kauen bleibt der Oberkiefer in der Regel ruhig. Sollte durch seine Zähne gekaut werden, so ist dies nur möglich durch gleichzeitiges Herabbeugen des Kopfes, welcher gegen die Vorderfläche der Halswirbel durch die m. recti capitis antici gezogen werden müsste.

β) Zungenbewegungen. 252.

252. Die Zunge

ziehen zurück	die	m.	hyo- und styloglossi;
strecken heraus	„	„	genioglossi;
verkürzen und verbreitern . .	„	„	hyoglossi und longitudinales;
verschmälern und verdicken .	„	„	transversus;
heben gegen den harten Gaumen	„	„	styloglossi und longitudinales;
ziehen gegen den Boden der Mundhöhle	„	„	hyoglossi.

Nach einer Seite hin wird die Zunge bewegt, wenn nur die betreffenden Muskeln einer Seite sich contrahiren. Bei den kleinern Bewegungen der Zunge sind die m. longitudinalis superior und inferior und der m. transversus vorwaltend thätig.

2) Verdauungserscheinungen in der Rachenhöhle 253—259.

253. In der Rachenhöhle kommen gleichfalls Absonderungen und die Fortbewegung des Bissens durch das Schlingen in Betracht.

a) Absonderungen.

Die Absonderungen sind nur schleimiger Art und haben, soviel bis jetzt bekannt ist, nur den mechanischen Zweck, die Bissen schlüpfrig zu machen. Ganz besonders secerniren die Mandeln eine beträchtliche Masse von Schleim welcher mit verschluckt wird.

b) Schlingbewegung.

254. Die Beschreibung der Schlingbewegung geben wir nach der Darstellung von Dzondi, welcher ausführliche Versuche an sich vor dem

Digitized by Google

Spiegel und an Andern gemacht hat, von Bidder [1]) und nach eigenen Untersuchungen an Leichen und Lebenden. Beim Schlingen hat man zwei rasch hinter einander folgende Bewegungen zu unterscheiden. Die erste umfasst denjenigen Theil des Weges, welchen die Speisen und Getränke zwischen der Oberfläche der Zunge und dem harten Gaumen bis an den vordern Gaumenbogen zurücklegen. — Die Zunge hebt sich und zieht sich, wie ich finde, ein wenig zurück. Dabei ist einmal der m. mylohyoideus, wie Tourtual [2]) richtig bemerkt, thätig. Wenn derselbe nämlich sich zusammenzieht, so wird er um soviel dicker, als er kürzer geworden ist, und hebt dadurch den Boden der Mundhöhle und auch die Zunge in die Höhe. Durch die gleichzeitige Contraction der Längsmuskeln und wahrscheinlich auch des m. transversus der Zunge wird diese kürzer und dicker. Endlich mag auch noch der styloglossus die Zunge etwas rückwärts bewegen. Somit gelangt der Bissen (bolus) bis an den weichen Gaumen (Fig. 27 *V*). Dabei ist durch den m. tensor veli palatini (Fig. 28 *α*) die untere Fläche des Gaumensegels seitlich ausgebreitet und zeigt eine sanfte Abschüssigkeit. Schlucken. Deglutitio.

255. In der zweiten Station erreicht der Bissen den constrictor super. (Fig. 27 *i*) des Schlundes. Er tritt aus dem vordern Gaumenbogen in den hintern. Im vordern wird er durch eine Art von Schliessmuskel aufgenommen, welcher theils durch die Zungenwurzel, theils durch die m. glossopalatini vervollständigt wird. Der weiche Gaumen (Fig. 27 *V*) ist mit Recht Gaumenvorhang genannt, indem er sich von beiden Seiten der Zungenwurzel durch die arcus glossopalatini (Fig. 27 *1*) nach Oben gegen den harten Gaumen (*G*) heraufwölbt und ein etwa (oben) $^3/_4$″ breites Fenster zwischen diesen Gardinen offen lässt. Durch dieses Fenster blickt man auf die hintere Wand des Schlundkopfes (Fig. 27 *3*). Da, wo die beiden Gardinen zusammenkommen, hängt in der Mitte wie ein Quast das etwa $^1/_4$″ lange Zäpfchen (*III*) herab. Zwischen dem weichen Gaumen (*V*) und dem Schlunde, also an der hintern Fläche von jenem liegt eine Falte (arcus pharyngopalatinus) und macht einen zweiten Bogen von Hinten (*2*).

256. Oberhalb des etwa 10‴ langen weichen Gaumens sind die hintern Nasenöffnungen (Fig. 27 neben *I*). Damit bei der Bewegung des Schlundes keinerlei Stoffe in dieselben gelangen, muss die Verbindung zwischen dem Schlunde und den Choanen während des

---

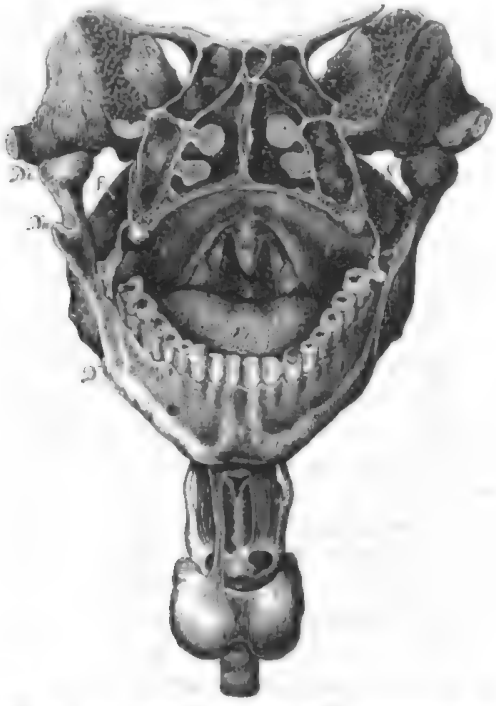
1) Dzondi, Funct. d. weichen Gaumens. Halle 1831. — Man vgl. auch Gerdy, Bibl. un. 1830. janv. — Bidder, Neue Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens. Dorpat 1838.

2) Tourtual, Neue Untersuchungen über den Bau des menschl. Schlundes u. Kehlk. Leipzig 1846.

Digitized by Google

Schluckens verschlossen werden. Dieser Verschluss ist vollständig, wenn er unmittelbar unterhalb der Stelle, an welcher beide Gardinen zusammenstossen, erfolgt. Dies ist möglich, 1) wenn die hintern Bogen (Fig. 27 2) sich einander nähern, 2) der Schlund hervor-, 3) der Gaumen (*V*) nach Hinten rückt, 4) das Zäpfchen endlich wie ein Pfropf eingedrückt wird.

Figur 27.



Ansicht der Rachenhöhle von Vorn. Durch einen perpendiculären Schnitt sind die vor der Nasenhöhle liegenden Theile entfernt. Man sieht die Scheidewand (*I*) und die Muscheln vor sich.
D Unterkiefer. *D'* Gelenkfortsatz (processus condyloideus) des Unterkiefers. *D''* Krähenfortsatz (processus coronoideus) desselben. *O* Harter Gaumen.
I Nasenscheidewand. *III* Zäpfchen. *IV* Mandeln. *V* Weicher Gaumen. *V'* Zunge.
1 Vorderer Gaumenbogen. *2* Hinterer Gaumenbogen. *3* Hintere Rachenwand.
ρ Musc. pterygoideus internus.

ad 1) Die hintern Bogen (Fig. 27 2) sind Schleimhautfalten, welche vom Gaumen nach dem Schlunde verlaufen; sie müssen sich einander nähern, wenn der Schlund in der Richtung von einer Seite zur andern enger wird. Letzteres geschieht aber, wenn diejenigen Muskelfasern des Schlundes sich contrahiren, welche zwischen rechter und linker Unterkieferhälfte, den fasciae buccopharyngeae, den processus pterygoidei beider Seiten liegen, d. h. mit einem Worte der m. constrictor superior (Fig. 28 *h*). Vorzugsweise wirken hierbei auch die m.

Digitized by Google

pharyngopalatini (δ), durch deren Zusammenziehung die Bogen sich beinahe zu geraden Linien umwandeln und schnell einander bis fast

Figur 28.

Ansicht des Gaumens von Hinten. Die Wirbel sind weggenommen. Der Schlund ist durch einen Längsschnitt geöffnet.

A Hinterhauptsbein. *A'* Dessen Gelenkfortsatz. *B B* Scheitelbeine. *C C* Schläfenbeine. *C' C'* Deren Felsentheile. *D* Gelenkfortsatz des Unterkiefers. *E* Jochbein. *F* Lamina externa processus pterygoidei. *F'* Hamulus.

I Nasenscheidewand. *II* Knorplige tuba Eustachii. *III* Zäpfchen. *IV* Mandeln. *V* Zunge. *VI* Kehldeckel. *VII* Eingang in den Kehlkopf. *VIII* Cartilagines arytaenoideae. *IX* Cart. cricoidea. *X* Seitenwand und obere Hörner der cart. thyreoidea.

α Musc. tensor veli palatini s. circumflexus. β Musc. levator veli palatini. γ Musc. azygos uvulae. δ M. pharyngopalatinus. ε M. stylopharyngeus. ζ M. styloglossus. η Ansatz des pharynx an der pars basilaris ossis occipitis. ϑ Ansatz des pharynx an der pars petrosa ossis temporum. ι M. constrictor pharyngis superior. κ M. constrictor pharyngis medius. λ M. constrictor pharyngis inferior. μ Ligamentum stylomaxillare.

Digitized by Google

zur gemeinschaftlichen Berührung annähern (Dzondi). Gerdy [1]) bemerkt, dass durch diese Muskeln eine Art von sphincter gebildet würde, wodurch der pharynx in einen obern Nasentheil und in einen untern Mundtheil getheilt wird. Man hat in neuerer Zeit den obern Theil auch den respiratorischen genannt. Derselbe besitzt ein Flimmerepithelium, welches sich von der Nase aus, an der Hinterfläche des weichen Gaumens, an der obern Seite des Zäpfchens bis an diesen Pharynxtheil verbreitet. Dagegen findet sich in dem untern Abschnitte des Pharynx ein Pflasterepithel wie in der Mundhöhle.

ad 2) Das Hervorrücken des Schlundes wird durch das gleichzeitige Vorrücken des Zungenbeins und Kehlkopfs bewirkt. Diese Theile heben sich nämlich beim Schlingen vorzugsweise durch den m. geniohyoideus; auch durch den vordern Bauch des digastricus und den mylohyoideus. Dabei ist im regelrechten Zustande der Unterkiefer durch die Kaumuskeln geschlossen. Es ist nur mit grosser Anstrengung möglich, bei offener Mundhöhle zu schlucken. — Da die Zunge (Fig. 27. 28 *V*) dabei, wie oben erwähnt, dem harten Gaumen (*G*) genähert ist, so kann durch eine Contraction des m. hyoglossus das Zungenbein und mit demselben der Kehlkopf und der Schlund hervorgezogen werden.

ad 3) Der weiche Gaumen (*V*) rückt dadurch gegen den Schlund hin, dass er seine Neigung nach Unten verliert und aus der mehr vertikalen in eine mehr horizontale Richtung gebracht wird. Dies bewirkt der m. petrosalpingostaphylinus (levator veli palatini) (Fig. 28β). Zugleich wird der Gaumen seitlich ausgespannt durch die von Aussen nach Innen an demselben sich ausbreitende Sehne des m. circumflexus palati (α).

ad 4) Die Speisen drücken das Zäpfchen (*III*) gegen die Spalte an und verschliessen dadurch den Eingang in die Choanen vollständig.

257. Die zweite Station ist gerade an der Stelle, an welcher der eben beschriebene Vorgang zu Stande kommt, also zwischen den hintern Gaumenbogen (2). Während diese Bewegungen zum Abschlusse von den hinteren Nasenöffnungen erfolgen, sind aber die Zunge und der obere Schlundtheil nicht unthätig. — Die Zunge wird vielmehr durch die m. styloglossi (ζ) nach Hinten gezogen, drängt den Bissen daher oberhalb des Kehldeckels (*VI*) in den Schlund. Dieser hingegen wird durch die m. salpingo- und stylopharyngei (ε), welche mit Recht von Arnold levatores pharyngis internus und externus genannt werden, gehoben, zugleich erweitert und ist nun

---

1) Gerdy, Bulletin univ. 1830. janv.

Digitized by Google

sehr geschickt, den ihm von der Zunge überlieferten Bissen in Empfang zu nehmen und ihn weiter zu befördern.

Wirkung der Epiglottis.

258. Dadurch, dass einerseits die Zunge zurückgedrängt und das Zungenbein vorwärts getrieben wird, schiebt die Zungenwurzel den aufrecht stehenden Kehldeckel über den Eingang zur Kehlkopfshöhle. — Magendie [1]) hat bei Thieren die Epiglottis ausgeschnitten und dadurch keine Störung des Schlingens beobachtet. Longet [2]) hingegen beschränkt mit Recht diese Angabe dahin, dass feste Substanzen auch bei exstirpirter Epiglottis von Thieren wohl geschluckt werden können, dass aber Flüssigkeiten unter diesen Umständen einen convulsivischen Husten bewirken. Pathologische Erfahrungen bestätigen diese experimentellen von Longet, vgl. Reichel, Diss. de usu epigl., Berol. 1816.

Verschluss der Stimmritze beim Schlingen.

259. Während des Schlingens verschliesst sich die Stimmritze, wie schon Haller [3]) beobachtete und Magendie weiter nachwies. Dieser merkwürdige Verschluss findet nach Longet's Versuchen auch dann noch statt, wenn durch Durchschneidung der für die Kehlkopfsmuskeln bestimmten Nerven (n. recurrentes, und die zu dem m. cricothyreoidei gehenden Äste der n. laryngei superiores) die Bewegung dieser Muskeln gelähmt ist. Er leitet den Verschluss daher von der Contraction der constrictores pharyngis inferiores ab, welche den Schildknorpel von Hinten umfassen. Dieses soll jedoch weniger sicher nach Longet geschehen, wenn der Kehlkopf seines Gefühles nach Durchschneidung der betreffenden Gefühlsnerven (n. laryngei super. interni) beraubt ist. Solange diese Nerven wirken, und dadurch jeder fremde Körper, der die Kehlkopfschleimhaut berührt, empfunden wird, entsteht sogleich Husten, also eine Ausathmungsbewegung, wodurch die Schädlichkeit abgewehrt wird.

3) Verdauungserscheinungen im Schlunde und in der Speiseröhre.

260. Die Bewegungen im grössten Theile des Schlundes sind schon angegeben. Die folgenden im Schlunde und der Speiseröhre hat sehr genau und richtig Magendie [4]) beobachtet; wir geben seine Beschreibung hier wieder. Sobald der Bissen vor der Stimmritze vorüber ist, steigt der Kehlkopf abwärts. Der Durchgang vom Rachenanfange bis zum Ende des Schlundes erfolgt mit sehr grosser

---

1) Magendie, Mém. sur l'usage de l'épiglotte. Par. 1813, und dessen Phys. B. I.

2) Longet, Rech. exp. sur les fonct. de l'épiglotte in Arch. gén. 1841 und in dessen Physiol. I, fasc. 2, p. 105.

3) Haller, Elem. physiol. VI, 87.

4) Magendie, Phys., übers. v. Heusinger II, 64.

Digitized by Google

Geschwindigkeit. Die Speiseröhre hingegen zieht sich langsam zusammen. Der Bissen braucht 2 bis 3 Minuten, ehe er im Magen ankommt, zuweilen hält er sich zu wiederholten Malen auf und verweilt jedesmal ziemlich lange an einer Stelle.

261. Mitunter steigt vom untern Ende der Speiseröhre der Bissen wieder rückwärts, um von Neuem hinabzusteigen und diese Bewegungen wiederholen sich in manchen Fällen öfters, was auch I. Müller[1]) bestätigt. Sie dauern ungefähr 30 Secunden, selbst bis 10 Minuten und zwar um so länger, je voller der Magen ist. Die Zusammenziehung am Ende der Speiseröhre kann so stark sein, dass während derselben nichts von dem Inhalte des Magens zurückgetrieben werden kann, was hingegen zur Zeit der Erschlaffung leicht geschieht.

II. Verdauungserscheinungen in der Magenhöhle.

262. Die wesentlichen Functionen des Magens lassen sich auf drei zurückführen, indem er

1) ein Behälter verschiedener, in ihn eingebrachter und in ihm abgesonderter Stoffe ist;

2) Magensaft und Schleim secernirt;

3) beweglich ist.

1) Untersuchung des Inhalts der Magenhöhle und der Innenfläche derselben zur Zeit der Verdauung. 263—268.

a) Mageninhalt. 263—267.

263. In Leichen gesunder Menschen (Selbstmörder, Verunglückte, Enthauptete) habe ich höchst selten den Magen ganz ohne Speisereste gefunden, obwohl ich viele solche zu untersuchen Gelegenheit hatte. In der Regel findet sich in grösserer oder geringerer Masse ein Brei, welcher meist die Consistenz einer mehr oder weniger dicken Graupensuppe hat, gewöhnlich von grauer oder grauröthlicher Farbe, die freilich nach der Farbe der Nahrungsmittel variirt.

Dieser Brei wird Speisebrei oder Chymus genannt, er hat einen leicht säuerlichen Geruch und röthet Lackmuspapier. Wird er filtrirt, so geht meistens eine klare, schwach gelblich aussehende, etwas widerlich riechende oder auch geruchlose, sauer reagirende Flüssigkeit durch. In derselben habe ich in einem Falle sowohl durch Salpetersäure (NO_5), als auch bei Erhitzung durch Sublimat, durch Essigsäure in Verbindung mit Kaliumeisencyanür deutliche Trübungen entstehen sehen, zum Beweise, dass noch unverändertes Ei-

1) Müller, Phys. 4. Ausg. I, 413.

Digitized by Google

weiss sich darin befand; in einem andern entstand weder durch Kochen, noch durch NO_5, wohl aber durch Essigsäure und Kaliumeisencyanür Trübung (vgl. No. 293); in beiden reducirte die Trommersche Probe das Kupferoxyd. Auch bei Schweinen, denen mehre Stunden vor dem Schlachten frische Eier gegeben worden waren, fand ich noch Eiweiss, welches durch die bekannten Mittel zum Gerinnen gebracht werden konnte, wie auch frühere Beobachter angeben.

264. Im Chymus sind sehr verschiedenartige Theile enthalten, nämlich:

a) Nahrungsmittel, welche nur durch das Kauen verkleinert, im Übrigen unverändert sind. Bei den Menschen, welche leicht erbrechen, findet man in den erbrochenen Massen Fleischfasern, Pflanzenreste u. s. w. Sowohl unveränderte Stärke, als Zucker sind in der Regel vorhanden.

Wenn Thiere mit verschieden gefärbten Nahrungsmitteln gefüttert werden, z. B. Kaninchen, den einen Tag mit Kohl und den andern mit gelben Rüben, so findet man in den Wänden das ältere und in der Mitte des Nahrungsballens das frischere. Dies ist von selbst verständlich. — Nicht selten fand ich Kohl, welcher schon ziemlich lange vorher gefressen worden war, im fundus, während im übrigen Magen nur gelbe Rüben zu bemerken waren.

b) Absonderungssäfte aus den oberhalb des Magens gelegenen Organen, namentlich Speichel und Schleim.

c) Absonderungssäfte des Magens selbst, nebst Theilen der Oberhaut und des Drüseninhaltes desselben.

265. Im Magen trifft man in der Regel eine grössere oder geringere Menge Luft, welche eine dreifache Ursache hat: Gase im Magen.

a) sie wird verschluckt. Schon mit dem Speichel mischt sich mechanisch eine gewisse Menge von Luft. Bei den vielen Bewegungen, deren der Schlund, die Speiseröhre und der Magen fähig sind, kann es nicht fehlen, dass die Luftspannung in denselben sich ändert und bei eintretender Verdauung Luft von Aussen eintritt. Manche Menschen vermögen mit grosser Leichtigkeit ganze Quantitäten von Luft zu verschlucken [1]) und dehnen damit den Magen beträchtlich aus. Vor dem Erbrechen und Würgen wird gleichfalls Luft geschluckt, wie ich oft bei Thieren beobachtet habe. Bei diesem Luftschlucken scheinen die Fasern des Zwerchfells, welche sich um das Foramen oesophageum verbreiten, einen wesentlichen Antheil zu haben. Wenn Thiere schreien, schlucken sie zuweilen so viel Luft, dass der Magen wie eine im höchsten Grade gespannte Blase ausgedehnt ist.

1) Vgl. Spallanzani, Exp. sur la digest. Gen. 1783, p. 112. Ueber das Verdauungsgeschäft, übers v. Michaelis. Leipzig 1785.

Digitized by Google

b) Durch die Speisen und Getränke selbst kann sich Gas in dem Magen entwickeln, s. u. Darmverdauung.

c) Kann Luft aus dem Blute austreten unter ähnlichen Bedingungen, wie in den Lungen, vgl. No. 102 fg.

266. Im Magen eines Enthaupteten bestand nach Magendie und Chevreul [1]) die Luft aus 14% Kohlensäure, 11% Sauerstoff, 71,45% Stickstoff, 3,55% Wasserstoff. Nach Valentin [2]) bei Pferden aus 44,34% Kohlensäure, 0,90 Kohlenwasserstoff, 2,70 Schwefelwasserstoff, 0,66 Wasserstoff, 7,16 Sauerstoff, 44,23 Stickstoff.

Fadenpilze, Sarcina, im Magen.

267. Nicht selten finden sich im Magen von vorher gesunden Menschen und von Thieren Fadenpilze (Hefenpilze), sowie auch die Sarcina ventriculi, [3]) welche aus quadratisch neben einander liegenden Platten besteht, oft von einem grünlichen oder gelbgrünlichen Ansehen, jede $^1/_{300}$ bis $^1/_{500}$''' gross.

b) Zustand der Magenschleimhaut während der Verdauung. 268.

268. Während Chymus im Magen ist, zeigt sich die Schleimhaut, welche sonst blass ist, röther, der Schleim ist in grösserer Menge ergossen als im leeren Zustande. Bei Thieren, bei denen der Magen gewissermassen unaufhörlich in der Verdauung begriffen ist, wie bei Kaninchen, ist die Schleimhaut sehr weich, lässt sich leicht abschaben, ist geröthet, mitunter sogar bei ganz gesunden Thieren mit kleinen hämorrhagischen Infarcten versehen. Der Schleim stösst sich in grosser Menge ab und man findet die (durch die Farbe des Futters gewöhnlich grüne) Masse, welche den Mageninhalt ausmacht, von einem mehr oder weniger zusammenhängenden grauen, sauer reagirenden, membranösen Überzug eingehüllt. Unter dem Mikroskope betrachtet, besteht derselbe hauptsächlich aus den zum Theil umgewandelten Zellen der Schleimhautepidermis und den sogenannten Labzellen (No. 272). Im Schweine- und Hundemagen ist eine solche Membran gewöhnlich unvollständiger, nicht selten fehlt sie gänzlich; es hängt dies wesentlich von der Consistenz des Mageninhaltes ab. Beim Menschen, bei welchem der Mageninhalt in der Regel flüssiger ist, habe ich niemals eine solche umhüllende Schleimschicht beobachtet. Bei todtgeborenen Kindern enthält der Magen meistens eine grosse Menge ausserordentlich zähen Schleimes. Im Pylorustheile, welcher während der Verdauung weniger geröthet ist als der übrige Magen, ist der Schleim besonders reichlich, was man zumal bei Schweinen wahrnimmt.

---

1) Magendie, Gr. d. Phys., übers. von Heusinger. II, 82.

2) Valentin in Archiv für phys. Heilkunde XIII, 356.

3) Vgl. Goodsir, Edinb. Med. and surg. Journ. V, 57. Frerichs in Wagn. Wörterb. III, 870. Grünewaldt, Arch. für phys. Heilk. XIII, 470. Virchow, Arch. I, 360.

Digitized by Google

2) Absonderungen des Magens. 269—318.

269. Die Schleimhaut des Magens sondert zwei Flüssigkeiten ab: a) Magensaft, b) Schleim.

a) Absonderungsorgane. Drüsen der Magenschleimhaut. 269—274.

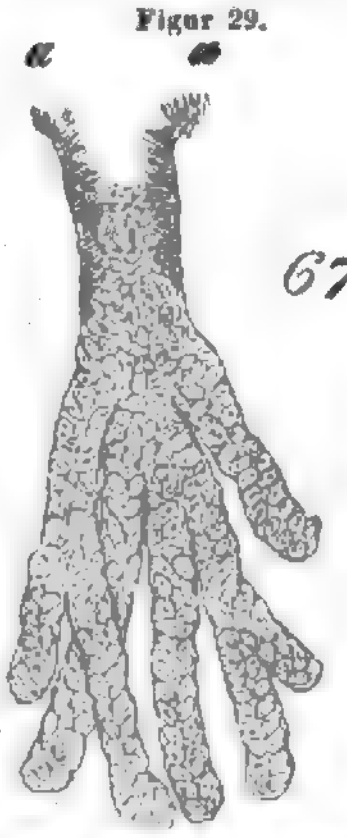
Die Magendrüsen [1]) sind die für diese Secretionen bestimmten Organe.

270. Man unterscheidet zweierlei Magendrüsen, nämlich Lab- und Schleimdrüsen. Jene sind auf der ganzen Oberfläche der Schleimhaut, mit Ausnahme des Pylorustheils, diese, wie es scheint, nur hier zu finden. Zu ihrem Studium dient sehr wohl die Magenschleimhaut vom Hunde, welche man trocknet und feine Schnitte mit dem Rasirmesser macht.

271. Die Labdrüsen sind theils zusammengesetzt, wie aus Fig. 29 zu ersehen und bestehen aus zwei bis sieben Schläuchen, welche sich in einen gemeinsamen Schlauch öffnen, an dessen Ende (*a*) Cylinderepithel sitzt. Theils sind sie einfach ½ bis 1‴ lang und liegen dann oft dicht neben einander. Wo solche Drüsen, theils in Haufen, theils als Schläuche sitzen, bemerkt man gewöhnlich ein mit blossen Augen erkenntliches Grübchen, Magengrübchen (stomach-cells).

Labdrüsen.

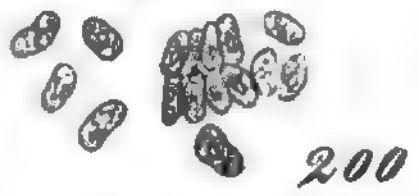
Figur 29.



Labdrüsen eines Hundes. 67 Mal vergrössert.

272. Was die Labdrüsen besonders auszeichnet, sind die in ihnen enthaltenen, kernhaltigen, etwa $^1/_{150}$‴ grossen Zellen. Diese, Labzellen genannt, fallen häufig aus den Drüsen heraus und finden sich massenweise im Chymus. Bei Kaninchen haben sie nicht selten so viel Zusammenhang, dass sie wie vollständige Drüsenstücke aussehen.

Figur 30.



Labzellen vom Hunde, 200malige Vergrösserung.

Figur 31.

Labzellen vom Kaninchen, 360 Mal vergrössert.

Zur Untersuchung der Labzellen kann man ein Stück Schleimhaut, z. B. vom Kaninchen, mit einer verdünnten Kalilösung

1) Man vgl. Sprott-Boyd in Edinb. Med. and surg. Journ. 1836, LIV, 382. Bischoff in Müller's Arch. 1838, p. 503. Purkinje in Bericht der Naturfor. Vers. zu Prag 1839, p. 174. Wasmann, De digest. Berol. 1839, p. 9. Todd and Bowman Anat. and phys. of man. Lond. 1845 III, 192. Frerichs, l. c. Bruch in Zeitschr. für rat. Med. VIII. 1849, p. 279. Heule, ebendas. N. F. II, 309.

Digitized by Google

kochen und ein Wenig davon zur mikroskopischen Untersuchung abschaben.

Figur 32.

Labdrüsen vom Kaninchen, mit Labzellen gefüllt, 360 Mal vergrössert.
a Membrana propria. *b* Labzelle mit Kern.

Figur 33.

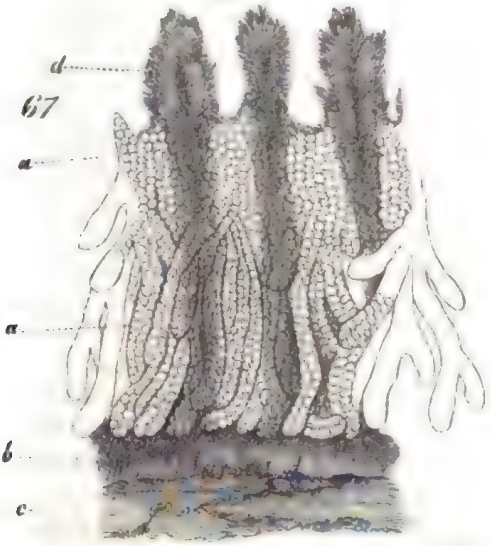
Durchschnitt des Magens eines Hundes am Pylorustheil. 70 Mal vergrössert.
a Schleimdrüsen. *b* Muskellage der Schleimhaut. *c* Submucöses Gewebe. *d* Durchschnittene Gefässe.
e Quermuskelschicht. *f* Längsmuskelschicht. *g* Serosa.

Digitized by Google

273. Die Schleimdrüsen (Fig. 33) haben dadurch ein anderes Ansehen, dass sie keine Labzellen enthalten und vollständig mit Cylinderepithel bis zu ihrem Grunde bedeckt sind, während bei den Labdrüsen ein solches (Fig. 34 *d*) nur am obern Ende bemerkbar ist. Das Epithel sitzt bei beiderlei Drüsen auf einer structurlosen Haut, welche auch da als Umhüllung der Labzellen erscheint, wo kein Epithel vorhanden ist. Schleimdrüsen.

274. Unterhalb aller Drüsen der Magenschleimhaut findet sich eine Schicht, welche Muskelfasern enthält, wie Middeldorpf[1]) und Brücke[2]) fanden (Fig. 34 *b*). Es ist denkbar, dass durch die Muskelschicht die Drüsen selbst eine Bewegung erleiden, oder wenn die Muskelfasern sich contrahiren, ihren Inhalt entleeren. Muskellage der Schleimhaut.

Figur 34.



Durchschnitt durch die Mitte der Magenschleimhaut eines Hundes. 67 Mal vergrössert.
a Labdrüsen. *b* Muskellage der Mucosa. *c* Submucoses Gewebe mit durchschnittenen Gefässen.
d Cylinderepithel.

275. Wie die anatomische Untersuchung eine Verschiedenheit der beiden Drüsenarten darbietet, so weicht auch die Function derselben sehr bedeutend von einander ab. Verdauungsfähigkeit zeigt nämlich die Schleimhaut nur an denjenigen Stellen, an welchen Labdrüsen, nicht aber da, wo Schleimdrüsen sich finden, wie zuerst Wasmann[3]) nachgewiesen hat; dort nämlich wird nur diejenige Flüssig- b) Absonderungsproducte. 275—308.

1) Middeldorpf, De gland. Brunner. Vrat. 1846.
2) Brücke, Berichte der Wiener Acad. 1851.
3) Wasmann, De digest. Bero'. 1839. Vgl. auch Kölliker, Mikrosk. Anat. B. II, 2. 146.

Digitized by Google

keit abgesondert, durch welche dis Auflösung der Proteinsubstanzen erfolgt, der Magensaft (Succus gastricus).

e) Magensaft. 276–307.

276. Zuerst durch Réaumur [1]) und Spallanzani [2]) wurde gelehrt, dass die Stoffe im Magen durch eine Flüssigkeit aufgelöst werden, während man früher glaubte, dass die Verdauung durch das Aneinanderreiben der Wände (Trituratio ciborum) erfolge.

aa) Gewinnung des Magensaftes. 277–279.

277. Man hat sich auf verschiedene Weise den Magensaft zu verschaffen gesucht. So 1) von Menschen, welche mit Leichtigkeit zu erbrechen vermögen (z. B. Gosse bei Spallanzani); 2) indem man Thieren Schwämme in den Magen brachte, die an Fäden befestigt waren (Réaumur — Spallanzani); 3) indem man Thiere tödtete kurz nach genommener Nahrung, besonders wenn diese recht fest war und sich nicht leicht löste (Frerichs); 4) indem man Gelegenheit hatte, bei Menschen Magenfisteln (d. h. widernatürliche Öffnungen nach Aussen, welche mit der Magenhöhle communiciren) zu beobachten (Helm, [3]) Beaumont, [4]) Robertson, [5]) Grünewaldt [6]); 5) indem man bei Thieren, besonders bei Hunden, künstliche Magenfisteln anlegte (Blondlot [7]). Man verfährt dabei wie folgt: unter dem Processus xyphoideus des Brustbeins mache man in der linea alba einen Einschnitt bis in die Bauchhöhle. Eine Falte des leicht sichtbaren, oft von selbst vordringenden Magens wird alsdann hervorgezogen, durch dieselbe ein zugespitzter, gebogener Draht eingehakt, die Magenwand in die Bauchwunde eingenäht und zwischen die Drahtenden ein Holzstäbchen gebracht. Dem Hunde wird ein Maulkorb angelegt (Donders). Nach drei bis fünf Tagen wird das Magenstück brandig und löst sich ab.

Künstlicher Magensaft.

278. Den sogenannten künstlichen Magensaft lehrte zuerst Eberle [8]) kennen. Wenn man nämlich die Magenschleimhaut, welche gewöhnlich sauer reagirt, hinlänglich ausgewaschen hat, und den ausgedrückten Schleim oder die mit Wasser extrahirte Magenschleimhaut mit sehr verdünnter Salzsäure vermischt, so entsteht bei

---

1) Réaumur, Mém. de l'Acad. 1752, p. 705.

2) Spallanzani, Ueber das Verdauungsgesch. Leipzig 1785.

3) Helm, Zwei Krankengesch. Wien 1803.

4) Béaumont, Exper. and Obs. on the gastric juice. Boston 1834, übers. von Luden, Leipzig 1839.

5) Robertson in Edinb. Monthly journ. 1851. Jan.

6) Grünewaldt in Archiv für phys. Heilkunde XIII, 459. — Vgl. auch Marcus, De fistula ventriculi. Berol. 1835.

7) Traité analyt. de la digest. — Die erste Idee soll von Bassow herrühren, s. Longet, Phys. Tom I. 2, p. 190.; vgl. ferner Bardeleben in Archiv für phys. Heilk. VIII. Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte, p. 31.

8) Eberle, Phys. der Verdauung. Würzburg 1834.

Digitized by Google

einer Wärme von 28° eine Flüssigkeit, mittelst der man Proteinsubstanzen auch ausserhalb des Körpers auflösen kann. Die wirksame Substanz in dieser Flüssigkeit nennt man nach Schwann [1]) Pepsin (Gastrase nach Payen).

279. Man bereitet den künstlichen Magensaft auf verschiedene Weise:

1) Man wasche den ganz frischen, aufgeschnittenen Labmagen vom Kalbe so lange aus, bis an keiner Stelle blaues Lackmuspapier mehr geröthet wird, spanne ihn auf, präparire die Schleimhaut ab, zerschneide sie in möglichst kleine Stücke und giesse auf diese in einem Glase eine dem Volumen nach 2 bis 3 Mal so grosse Menge Wasser, welchem vorher so viel Salzsäure zugesetzt war, dass es einen angenehm sauern Geschmack hatte. (Nach Schwann [2]) nimmt man 3,3 Gr. Salzsäure auf ½ Unze Schleimhaut und Wasser zusammen, wobei es gleichgültig ist, mehr oder weniger Schleimhaut anzuwenden.) Nachdem die Mischung 24 Stunden in einer Wärme von etwa 25 bis 28° R. gestanden hat, wird sie ausgedrückt und durchfiltrirt, wonach eine fast klare Flüssigkeit durchgeht. *)

2) Einfacher ist es, den frischen, gereinigten Magen von Schweinen zwei Stunden in destillirtem Wasser aufzubewahren und denjenigen Theil, welcher die Labdrüsen enthält, mit einem stumpfen Messer unter möglichst geringem Drucke abzuschaben. Die erhaltene schleimige Masse digerirt man 2 bis 3 Stunden in Stubentemperatur, setzt etwas Salzsäure zu und bringt die Flüssigkeit ½ bis 1 Stunde in Körpertemperatur, wonach sie filtrirt wird (Lehmann) [3]).

3) Wasmann [4]) hat zuerst versucht, das Pepsin gesondert darzustellen. Er digerirte den Drüsentheil des Schweinsmagens mit 30 bis 35° C. warmem destillirtem Wasser einige Stunden, dann mit kaltem Wasser so lange, bis ein fauliger Geruch eintrat. Das neutrale Filtrat behandelte er mit essigsaurem Bleioxyd, setzte zum Präcipitat Schwefelwasserstoff und dann Alkohol hinzu. Der Niederschlag ist getrocknet eine gelbe, gummiartige Masse; in feuchtem Zustande weiss, löst sich leicht in Wasser und enthält etwas freie

---

*) Im hiesigen physiologischen Institute wurden Versuche mit andern Säuren angestellt, um künstlichen Magensaft zu bereiten, wie dies schon von Lehmann und Donders geschehen ist, und zwar mit Milch- und Essigsäure. Es ergab sich, dass Salzsäure immer am Meisten sich dazu eignet, Milchsäure ihr am Nächsten steht, mit Essigsäure hingegen die Auflösung höchst unvollkommen gelingt.

1) Schwann in Poggend. Ann. XXVIII, 358.
2) Schwann in Müller's Archiv 1836, p. 92.
3) Lehmann, Ber. der Ges. der Wissensch. zu Leipzig 1849, p. 10.
4) Wasmann, De digest. nonnulla, Berol. 1839, p. 13.

Digitized by Google

Säure. Von diesem Pepsin löst $^1/_{60000}$ nach Wasmann in 6 bis 8 Stunden bei schwacher Ansäuerung coagulirtes Eiweiss auf.

4) In neuerer Zeit wird in Wien und Paris durch Auspressen des Labdrüsensaftes und Eintrocknen bei einer Temperatur unter 40° C. Pepsin im Grossen bereitet. Um dieses als Verdauungsflüssigkeit zu benutzen, muss man dasselbe mit Salzsäure zuvor ansäuern. Nach Brücke [1]) löst eine Mischung von 1 Grm. Salzsäure in 1 Litre destillirtem Wasser mit Pepsin das Fibrin, welches er durch Schlagen von Ochsenblute erhalten hatte, in $^1/_2$ Stunde auf. Nahm er bei derselben Pepsinmenge anstatt 1 Grm. Salzsäure in 1 Litre 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 Grm., so war die Auflösung erst nach 1, 3, 4, 5, 7, 14, 18, 24, 41, 41, 102 Stunden vollendet. Noch mehr Säure hemmte die Verdauung so sehr, dass selbst nach 8 Tagen dieselbe nicht erfolgt war.

(3) Eigenschaften des Magensaftes. 280—282.

280. Der Magensaft, welcher aus Fisteln gewonnen wird, ist eine 98 bis 99% Wasser enthaltende, durchsichtige, gewöhnlich nicht vollkommen klare, wasserhelle oder schwach gelbliche, eigenthümlich, aber nicht faulig riechende Flüssigkeit, welche sauer reagirt, durch Kochen zuweilen ein wenig getrübt wird (durch Eiweiss ?) und ein spec. Gewicht von 1,002 hat.

281. Der künstliche Magensaft gleicht im Aussehen dem natürlichen vollständig, er fault oft noch nach Jahren nicht. Ich habe Magensaft $1^1/_2$ Jahre in unverdorbenem Zustande erhalten.

Hingegen sah ich die Flüssigkeit, welche man aus Schweinsmagen nach dem Tode ausdrückt und filtrirt, bald in Fäulniss übergehen. Die 10 bis 12 Stunden nach dem Tode so gewonnene Flüssigkeit eines Selbstmörders hatte noch nach sechs Wochen, obgleich sie im warmen Zimmer stand, keinen fauligen Geruch, jedoch Schimmel auf der Oberfläche.

282. Der Magensaft löst bei einer Temperatur von 28—30° R. geronnenes Eiweiss, Faser- und Käsestoff, Leim gebende Gewebe, wie Knorpel, auf. Das Eiweiss wird zuerst an den Rändern durchsichtig und das gelatinöse Aussehen erstreckt sich immer weiter nach Innen, so dass zuletzt nur noch ein weisser Kern übrig bleibt, dabei wird die Masse immer weicher und zerfliesst endlich.

(7) Bestandtheile des Magensaftes. 283—288.

283. Über die Natur der Säure im Magensafte sind die Resultate noch nicht vollständig übereinstimmend. Prout [2]) hat zuerst die Säure in dem Magensafte als Salzsäure bestimmt, ebenso Tiedemann und Gmelin, [3]) Schmidt [4]) u. A. Hingegen Leuret und

1) Brücke in: Sitzungsber. der Wiener Akad. 1859 XXXVII, 131.
2) Prout, s. Schweiger's Journ. XLII, 473. Philos. Transact. 1824 I, 45.
3) Tiedemann und Gmelin, Die Verdauung nach Vers. Heidelb. 1831, I.
4) Schmidt und Bidder, Verdauungssäfte. Leipzig 1852.

Digitized by Google

Lassaigne, [1]) Lehmann, [2]) Bernard und Barreswil [3]) sehen sie als Milchsäure an, endlich glaubt Blondlot, [4]) sie rühre von saurem phosphorsaurem Kalk her.

284. Schmidt säuerte den Magensaft aus Fisteln von Hunden, deren Speicheldrüsengänge vorher unterbunden waren, mit Salpetersäure stark an, fällte aus der Flüssigkeit alles Chlor mit salpetersaurem Silberoxyd und bestimmte es; sodann entfernte er das Silber aus der Flüssigkeit mit Chlorwasserstoff und äscherte den Rest ein. In der Asche waren nicht so viel Basen enthalten, um die gefundene Chlorwasserstoffsäure zu sättigen. Hieraus geht allerdings hervor, dass die freie Säure Salzsäure ist; hingegen natürlich nicht, ob nicht neben derselben andere Säuren oder auch saurer phosphorsaurer Kalk auch noch zugegen sind.

285. Lehmann unterwarf die aus dem Magensaft dargestellte Milchsäure der Elementaranalyse, stellte auch mehre milchsaure Salze dar. Schmidt fand in dem, mit Speiseresten und Speichel verunreinigten, Labmagensafte des Schafes nur sehr geringe Mengen von Milchsäure. Bernard und Barreswil geben an, dass die Säure des Magensaftes nur mit Kalk, Baryt, Zinkoxyd und Kupferoxyd in Wasser lösliche Salze gebe, wie die Milchsäure. Sie bezweifeln hingegen deshalb die Anwesenheit von Salzsäure, weil Wasser, welches mit Salzsäure versetzt ist, erst bei grosser Concentration Salzsäure übergehen lässt. Magensaft liefere aber im Anfange der Destillation nur ein neutrales Destillat. Bei einer Concentration auf $^4/_5$ seines Volumens gebe der Saft ein saures Destillat, in welchem jedoch salpetersaures Silberoxyd keinen Niederschlag erzeuge und erst dann, wenn das Magensecret bis auf einige Tropfen Flüssigkeit eingedickt sei, liesse sich in der übergegangenen Flüssigkeit etwas Salzsäure nachweisen. [5])

286. Blondlot fand, dass Magensaft mit Kreide vermischt, kein Aufbrausen bewirke und seine ganze saure Beschaffenheit behalte, läugnete deshalb die Salzsäure. Er nimmt vielmehr an, dass doppelt phosphorsaurer Kalk im Magensafte enthalten sei, [6]) und nur eine ausserordentlich geringe Menge von Salzsäure.

---

1) Leuret und Lassaigne, Recherch. phys. et chim. pour servir à l'histoire de la digest. Paris 1825.

2) Lehmann, Berichte der Ges. der Wiss. in Leipzig I, 100. — Vgl. auch Heintz in: Jenaische Ann. 1849, p. 222.

3) Bernard, Leçons II, 393. Paris 1856.

4) Blondlot, Traité de la digest. Nancy 1843, und Recherch. chim. Paris 1851.

5) Lehmann, Zoochem. Heidelberg 1858, p. 30.

6) Vgl. Melsens Compt. rend. 1844, p. 1289. Lehmann, Phys. Chem. III, 332.

Digitized by Google

287. Als feststehend aus allen Beobachtungen geht das Vorhandensein freier Salzsäure hervor, hingegen ist es noch nicht sicher, ob Milchsäure und doppelt phosphorsaurer Kalk constante Bestandtheile des Magensafts sind.

288. Nach den Untersuchungen von Schmidt enthielt der, aus einer Fistel einer 35jährigen Bäuerin gewonnene Magensaft in zwei Analysen unter 1000 Theilen:

	I.	II.
Pepsin	3,02	3,37
Salzsäure	0,22	0,18
Chlornatrium	1,34	1,58
Chlorkalium	0,57	0,53
Chlorcalcium	0,09	0,03
Phosphorsaure Erden und Eisenoxyd . . .	0,15	0,10
Wasser	994,61	999,19 [1]

Quantität des Magensaftes.

289. Beclard [2]) erhielt von einem Hunde von 18 Kilogramm 72 Grm., Corvisart [3]) von einem Hunde von 10 Kilogrm. 500 Grm.; Bidder und Schmidt [4]) rechnen bei Hunden auf 1 Kilogrm. Körpergewicht 100 Grm. Magensaft, was auf den Menschen von 60 Kil. Körpergew. berechnet über 6 Kilogrm. in 24 Stunden betragen würde. Grünewaldt [5]) erhielt bei einer Frau mit Magenfistel in 24 Stunden 14 Kilogrm., was auf 1 Kilogrm. 269 Grm. ausmachen würde.

b) Function des Magensaftes. 290—295.

290. Die auflösende Kraft des Magensaftes erstreckt sich nur auf Proteinsubstanzen; Stärke wird weder in Zucker umgewandelt, noch Fett durch den Magensaft verändert. Wird ein Thier mit Fleisch gefüttert und nach einigen Stunden getödtet, so finden sich folgende Erscheinungen: das Fleisch ist weicher, zerfällt in kleinere Stücke, das sarcolemma ist an verschiedenen Stellen zerrissen, die Muskelfasern spalten sich der Länge und der Quere nach. [6]) In ungefähr 4 Stunden ist meistens das Fleisch im Magen aufgelöst; zuweilen schon nach $1^1/_2$ (Gosse), 2 bis $4^1/_2$ Stunden (Schröder). Rohes Fleisch wird langsamer aufgelöst, als gekochtes. Spallanzani beobachtete, dass von 80 Gran rohem Fleische in ein Säckchen

---

1) Vgl. Schmidt, Ann. der Chem. XCII, 42. Schröder, Succi gastr. hum. vis digest. Dorp. 1853. Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte, p. 46. Lehmann, Berichte der sächs. Ges. 1849, p. 38.

2) Beclard. Phys. hum. Paris 1856, p. 106.

3) Corvisart bei Longet Phys. I. 2, p. 183.

4) Bidder und Schmidt, Verdauungss., p. 35.

5) Grünewaldt, Succ. gastr. indol. Dorp. 1853.

6) Vgl. die im hies. phys. Institut angestellten Versuche von G. Weber: Nonnulla de digestibilitate carnis Gryph. 1857.

Digitized by Google

genäht und verschluckt nach 37 Stunden noch 34 Gran durch die Excremente entleert wurden, von derselben Menge gekochtem nach 18 Stunden nur 11 Gran. — 10 Grm. Fleisch in einem Stücke waren bei einem Hunde nach 15 Stunden noch nicht vollständig gelöst, während ebenso viel zerschnitten einen unkenntlichen Brei machte (Weber). Fleisch jüngerer Thiere wird (nach Frerichs, l. c., p. 814, in 1 bis 1½ Stunden) rascher aufgelöst als das älterer. — Über die Veränderungen des gekochten Eiweisses s. oben No. 282.

291. Dass Stärkemehl durch den Magensaft allein nicht in Dextrin und Traubenzucker umgewandelt wird, lässt sich durch Versuche beweisen. Solche wurden in dem hiesigen physiologischen Institute von Lent [1]) angestellt. Bei 8 Kaninchen waren beide Parotiden und beide Unterkieferdrüsen exstirpirt worden, sechs erhielten zur Nahrung nur rohe, zwei gekochte Stärke. Im Magen fand sich keine Spur Zucker, sondern bloss Stärke. (Im Darme war Zucker nachweisbar.)

Bei sieben Kaninchen wurden nur die glandulae submaxillares exstirpirt; dann dieselben mehre Tage lediglich mit gekochter Stärke gefüttert. — Bei sechs war keine Spur von Zucker aufzufinden, bei der siebenten wurde etwas Kupferoxyd reducirt.

Bei sechs Kaninchen, welche zwölf Stunden nichts gefressen hatten, wurde der oesophagus unterbunden, dann Kleister unterhalb der Unterbindung eingespritzt. Im Magen fand sich keine Spur von Zucker.

Bei zwei Kaninchen wurden bloss die Parotiden unterbunden. Sie erhielten dann 48 Stunden nur Kleister. Nur in dem Magen eines Thieres fand sich Zucker, in beiden jedoch grosse Mengen von Amylum.

Zu demselben Resultate waren auch Bernard, Jacubowitsch, Frerichs, Bidder und Schmidt gelangt; zu entgegenstehenden hingegen Smith [2]) und Bardeleben. [3])

292. Der Magensaft scheint nicht die einzige Flüssigkeit zu sein, der die auflösende Wirkung auf Proteinsubstanzen zukommt; denn man findet auch in dem Dünndarme noch unverdaute Körper. Bei einer Fistel, welche sich im obern Theile des Dünndarmes eines Menschen befand, zeigten sich in der Fistelöffnung noch unverdaute Eier, Fleisch, Kohl u. s. w. (Busch [4]). Nach neuern Versuchen von Corvisart

---

1) C. Lent, De succi gastrici facultate ad amylum permutandum. Gryph. 1858.

2) Smith in Brown-Séquard Journ. de la phys. 1858. Janv.

3) Bardeleben in: Deutsche Klinik 1858.

4) Busch in Virchow's Arch. XIV, 140; vgl. auch Tiedemann und Gmelin, Verdauung nach Vers. B. I.

Digitized by Google

und Meissner [1]) soll der pancreatische Saft, nach Zander [2]) der Darmsaft Eiweiss verdauen können.

Veränderung der Proteinsubstanzen durch den Magensaft.

293. Die geronnenen Proteinsubstanzen, welche durch den Magensaft aufgelöst werden, werden jedoch durch die Auflösung den ungeronnenen nicht gleich. Sie besitzen dann nämlich nicht mehr die Eigenschaft, durch Hitze, durch Alaun, Salpetersäure, Chromsäure präcipitirt zu werden; nur Kaliumeisencyanür mit Essigsäure bewirkt eine Trübung; ebenso werden sie durch Gerbsäure, Sublimat, mit Ammoniak versetztes essigsaures Bleioxyd gefällt. Sie sind in Wasser löslich, unlöslich in Alkohol. Auch die ungeronnenen Proteinsubstanzen bekommen dieselben Eigenschaften durch die Einwirkung des Magensaftes.

294. Mialhe [3]) hat das durch den Magensaft veränderte Eiweiss Albuminose genannt. Lehmann [4]) unterscheidet Albumin-Pepton, Fibrin-, Casein-, Glutin-, Chondrin-Peptone.

ε) Bedingungen der Absonderung. 295–307. a) Drüsen.

295. Bei der Absonderung kommen in Betracht: a) die Drüsen, b) das Blut, c) die Nerven.

296. a) Durch welchen Mechanismus die Drüsen ihren Gehalt entleeren, ist bis jetzt ganz unaufgehellt; ebenso der chemische Vorgang, durch welchen das Pepsin und resp. die Säuren sich erzeugen. Es ist unermittelt, ob die Drüsenabsonderung an sich sauer ist, oder ob die Säure noch besonders secernirt wird. Wenn die Magenschleimhaut abgewaschen ist und aus den Labdrüsen der Saft ausgepresst wird, so bedarf derselbe noch stets des Zusatzes von Säure, um zur Verdauung befähigt zu werden.

b) Blut.

297. b) Der Magen ist ausserordentlich reich an Gefässen, welche einen eigenthümlichen Verlauf [5]) haben. Man kann denselben zuweilen wunderbar schön an dem Magen todtgeborener Kinder sehen, wo die Gefässe noch alle mit Blutkörperchen angefüllt sind und den schönsten, künstlich injicirten gleichen. Die aus dem submucösen Gewebe kommenden feinen Arterien umgeben die Drüschen und bilden daselbst ein sehr feines Netz von Capillargefässen (Bischoff [6]).

---

1) Corvisart in Gaz. hebdm. IV, 15, 16, 21, 1857. Meissner in Henle und Pfeuffer's Zeitschr. 1859, VII, 1.

2) Zander, de succ. gastr. Mitav. 1851.

3) Mialhe in Compt. rend. XXXIV, 745. 1852.

4) Lehmann, Chem. I, 318. Vgl. auch Mulder, Arch. f. holl. Beitr. II, 1.

5) Vgl. Kölliker, Gewebel. 3. Aufl., p. 417.

6) Bischoff in Müller's Archiv 1838, Fig. 10. — Gerlach, Gewebelehre. Mainz 1854, p. 305. — Ernst, Anordn. der Blutgefässe in den Darmhäuten. Zürich 1851.

Digitized by Google

298. Nach der Angabe von Krause haben die Magenarterien folgende Durchmesser:

A. coronaria ventr. sinistra . . 2‴
A. coronaria ventr. dextra . . $^2/_3$‴,
A. gastro-epiploica dextra . . $1^1/_3$‴,
A. gastro-epiploica sinistra . . 1‴,
A. gastricae breves 4—6, jede $^1/_2$—$^3/_4$‴, also zusammen . . 2—$4^1/_2$‴.

Wenn nun auch die A. gastro-epiploicae Blut in das Netz führen, so ist doch die Blutmenge im Magen jedenfalls eine sehr beträchtliche.

299. Zum Vergleiche stehen hier die analogen Verhältnisse der Leber:

die A. hepatica $2^1/_2$‴,
die V. portarum 7‴.

300. Der Magen wiegt etwa 6—8 Loth, die Leber mehr als 4 Pfund im Mittel bei Erwachsenen.

301. c) Über den Einfluss der Nerven auf die Absonderung sind ausserordentlich viele Versuche angestellt worden. Nach der Durchschneidung der Nn. vagi am Halse fanden einige Forscher eine grosse Abnahme der Verdauungsthätigkeit, so Blainville, Brodie u. A. Hingegen läugnen Magendie, Leuret, Schmidt u. A. jeden Einfluss. Endlich wird von Vielen angenommen, dass die Verdauung nicht aufgehoben, aber doch verlangsamt würde; so von Breschet, Tiedemann und Gmelin, Longet u. A. [1]) c) Nerven.

302. Diese Versuche sind dadurch höchst unsicher, dass nach der genannten Operation das Athmen so sehr beeinträchtigt wird, und daher nothwendig alle Functionen des Körpers, somit auch die des Magens leiden müssen, und dass der Tod unausbleiblich erfolgt. Ich habe daher neuerdings sehr zahlreiche Versuche der Art angestellt, dass ich bei ätherisirten Kaninchen die Bauchhöhle öffnete und an der Cardia alle Zweige der beiden Vagi durchschnitt, sodann die Wunde zunähte und das Thier sorgfältig pflegte. Solche Thiere habe ich Monate lang erhalten; sie frassen nicht weniger als gesunde und entleerten Excremente. Nach dem Tode fand sich ihr Magensaft sauer. Die Menge der Säure wich nicht merklich von der bei gesunden ab. Vgl. Nervenphysiologie. Ich kann die Versuche ähnlicher Art von Pincus [2]) nicht bestätigen, welcher fand, dass

---

1) Vgl. Longet, Anat. und Phys. des Nervensyst., übers. von Hein; sowie Reid: Physiol. anat. and pathol. research. Edinb. 1848, p. 222.

2) Pincus in Canstatt's Jahresbericht 1856.

Digitized by Google

Durchschneidung der Vagi am foramen oesophageum alkalische Reaction zur Folge hatte.

303. Nach Exstirpation des ganglion coeliacum und des g. meseraicum fand sich 9 Stunden nach der Operation die Magenschleimhaut sauer, auch in dem Falle, wenn gleichzeitig die Nn. vagi durchschnitten waren. Nur einmal war der Inhalt des Magens flüssig, reagirte alkalisch und hatte einen üblen Geruch bei einem Kaninchen, dem die Ganglien und die Vagi zugleich durchschnitten waren. [1])

304. Durch galvanische Reizung der Magenschleimhaut sah Longet eine Vermehrung des Magensaftes. Auch jede mechanische Reizung hat eine solche Wirkung; ebenso wenn Flüssigkeit in den Magen gelangt (Grünewaldt); ja sogar wenn bei hungernden Thieren Kieselsteine in den Magen gebracht wurden (Tiedemann und Gmelin [2]).

305. Durch Kochsalz soll der Magensaft weniger sauer, neutral, selbst alkalisch werden (Bardeleben, l. c., Frerichs [3]).

306. Durch Alkalien (Blondlot), Eis, nicht concentrirte, alkoholische Flüssigkeiten, Wein, Kaffee, Brechmittel, bismuthum nitricum (Corvisart) sollen die Absonderungen des Magensaftes sich vermehren [4]).

307. Nach Chossat [5]) nimmt bei hungernden Thieren die Magenschleimhaut an Gewicht zu und nach Corvisart besitzt ein Aufguss derselben in angesäuertem Wasser sehr starke verdauende Kraft.

f) Schleim.

308. Der Schleim, welcher im leeren Magen gefunden wird, reagirt nicht sauer, sondern neutral oder alkalisch [6]). Erst durch eine Reizung des Magens, sei es durch Nahrungsmittel oder mechanische, chemische etc. Reize, erfolgt die Säurebildung. Es ist fraglich, ob im nüchternen Zustande die Secretion der Labdrüsen ganz unterbrochen, oder ob nur die Entstehung der Säure gehindert ist. Der Schleim, welcher aus Fisteln ausser der Verdauungszeit ausfloss, hatte keine verdauende Eigenschaft (Hübbenet); daraus geht aber nicht hervor, dass die Labdrüsen nur während der Verdauung secerniren.

---

1) Budge in Act. Leopold. 1860. XXVII, 255.

2) Longet, Phys. I. 2, p. 184. — Grünewaldt in Arch. für phys. Heilk. XIII, 459. — Tiedemann und Gmelin, Verdauung. I.

3) Frerichs in Wagner's Wörterb. III, 788.

4) Longet, Phys. l. c.

5) Chossat, Rech. sur l'inan. Paris 1844; in Ann. des scienc. nat. 1844.

6) Vgl. Carminati über die Natur des Magensaftes. Wien 1785. — Tiedemann und Gmelin, l. c.

Digitized by Google

3) Bewegungen des Magens. 309—316.

Normale Magenbewegung. 309—314.

309. Während der Verdauung ist die Bewegung sehr gering (Spallanzani und Réaumur). Selbst der dickwandige Vogelmagen zeigt dann nur ein Aufblähen und Zusammenfallen, und so ist es auch bei Säugethieren. Nachdem die Stoffe erweicht sind, rücken sie langsam durch den pylorus ins duodenum weiter. Beaumont fand, dass folgende Stoffe weniger als 2 Stunden im Magen des mit einer Magenfistel behafteten Menschen blieben: weiche süsse Äpfel, geschlagene Eier, gekochte Lachsforelle, gekochter Sago, gekochtes Gehirn. Zwischen 2 und 5½ Stunden blieben im Magen: gekochte Milch, rohe Eier, gesottener Stockfisch, weiche saure Äpfel, gebratene Ochsenleber (2 Stunden), gekochte Gallerte, gekochtes Rückenmark, roher Kohl, frische Milch, frisches geröstetes Ochsenfleisch, rohe Austern, weich gesottene Eier, geschmortes Hammelfleisch, roher Schinken, Beefsteak, Eier- und Milchpudding (zwischen 2 und 3 Stunden), frisches Weizenbrod, alter Käse, gekochte Kartoffeln, gebratenes Rindfleisch, gekochter gesalzener Lachs (zwischen 3 und 4 Stunden), frisch gesalzenes Schweinefleisch, gekochter Kohl, Hammel- und Ochsentalg, gekochte Sehnen (zwischen 4 und 5½ Stunden).

Die spontanen Bewegungen, welche man beim Anblicke des Magens beobachtet, sind meistens der Art, dass sich Erhabenheiten und Vertiefungen bilden, von Stelle zu Stelle fortschreitend. Bei Reizungen des Magens sind die Einschnürungen zuweilen so stark, dass sich die gegenüberstehenden Schleimhautflächen berühren. Nach dem Tode dauert die Magenbewegung noch eine Zeit lang fort; sie wird gewöhnlich unmittelbar vor dem Tode und gleich nach demselben stark, hört aber viel eher auf als die der Gedärme.

Der fundus des Magens scheint sich weniger zu bewegen als die übrigen Theile. Wenigstens finden sich hier öfters Stoffe, welche lange vorher verzehrt wurden. Bei Hunden habe ich dies wiederholt beobachtet. Auch bei Menschen kommen entsprechende Fälle vor. — Bei jungen Thieren ist die Magenbewegung stärker und anhaltender als bei älteren [1]).

310. Man nimmt an, dass, während der Magen sich mit Speisen füllt, seine vordere Fläche mehr nach Oben, seine grosse Curvatur

---

1) Ueber die Magenbewegung sind zu vergleichen: Wepfer, Cicutae aquat. hist. et noxae. Basil. 1679, p. 86. — Spallanzani, l. c. — Réaumur, mém. de l'acad. 1752. — Magendie, Physiologie, übers. von Heusinger II, 82. — Piedagnel in Magendie: Journ. de Phys. I, 252. — Beaumont, l. c. — Budge, Lehre v. Erbr., p. 70, und Organ für. ges. Heilkunde 1841. B. I, 131. — Todd and Bowman anat. and phys. III, 195.

Digitized by Google

nach Vorn, seine hintere Fläche nach Unten, seine kleine Curvatur nach Hinten gedreht werde. Es ist jedoch die Richtigkeit dieser Meinung nicht vollständig dargethan [1]).

311. Die Bewegung des Magens geschieht, wie es aus den Beobachtungen an Menschen mit Magenfisteln hervorgeht, zwar ihrer Hauptrichtung nach, von Links nach Rechts, von dem fundus nach der grossen Curvatur, dann zum Pylorustheile, und endlich nach der kleinen Curvatur zurück (Beaumont). Indess werden die Speisen nicht etwa nur ein Mal von Links nach Rechts hin befördert und dann ausgeführt, die Bewegungen wiederholen sich vielmehr häufig von einer zur andern Seite hin. Wiederkäuende Thiere verschlucken häufig ihre Haare und diese formen sich im Magen durch dessen Bewegungen in runde Ballen, Aegagropilae genannt.

312. Da während der Verdauung die Magenbewegung gering ist, der Pylorus mehr oder weniger contrahirt bleibt und bei dieser Contraction die valvula pylori den Ausgang sperrt, so geschieht der Abfluss der consistentern Stoffe sehr langsam. Bei frischgetödteten Thieren fliesst häufig der Inhalt des Magens nicht aus, wenn dieser auch ausgeschnitten wird (Wepfer). Doch hat auch hieran die valvula pylori mechanischen Antheil.

Bewegungsnerven des Magens.

313. Von den Nerven, welche zu dem Magen gehen, weiss man, dass Reizungen des n. vagus Bewegungen des Magens veranlassen. Diese Bewegungen erfolgen jedoch nicht immer; sind fast niemals so stark als die des Oesophagus, beginnen in der Regel an der Cardia. Sie sind stärker bei jungen als alten Thieren, und treten besonders während der Verdauung hervor.

314. In wie weit der n. splanchnicus, das ganglion coeliacum und das Rückenmark auf die Magenbewegung influiren, darüber sind die Angaben nicht übereinstimmend. S. Nervenphysiologie.

Erbrechen. 315—316.

315. Obwohl viele Versuche in älterer und neuerer Zeit über das Erbrechen gemacht worden sind, so ist doch der Hergang dieses Processes hauptsächlich durch diejenigen von Magendie [2]) und meine eigenen [3]) aufgeklärt worden. Magendie hat gezeigt, dass durch die Bewegungen des Zwerchfells und der Bauchmuskeln sogar eine Blase, welche er anstatt des herausgeschnittenen Magens eingenäht hatte, entleert wird, wenn Brechweinsteinlösung in eine Vene eingespritzt wurde. — Wenn auch gegen diesen Versuch sich Vieles

---

1) Man vgl. Betz in Prager Vierteljahrsschr. 1853, I, 106. — Canstatt, Jahresber. 1853, I, 147.

2) Magendie, Mém. sur le vomissement. Paris 1813.

3) Budge, Lehre v. Erbrechen. Bonn 1840. — Allg. Path., p. 250 fg. — Frorieps, Tagsber. 1851, No. 415. — Virchow's, Archiv XVI, 462.

Digitized by Google

einwenden lässt (Portal [1]), Rudolphi [2]), Müller [3]), so geht doch daraus hervor, dass durch Brechmittel eine so starke Contraction des Zwerchfells und der Bauchmuskeln entstehen kann, dass ein beträchtlicher Druck auf eine gespannte Blase ausgeübt wird. — Magendie hebt ferner hervor, dass er beim Erbrechen niemals Zusammenziehungen des Magens gesehen habe und dass zum Erbrechen ein äusserer Druck auf den Magen erforderlich sei. Durch meine Untersuchungen wurde zunächst gezeigt, dass sowohl bei Menschen als bei Thieren, welche brechen können, wie Hunde und Katzen, der Magen vor und während des Actes stark aufgebläht ist und dass also das Erbrechen nicht in einer antiperistaltischen Bewegung bestehe, wenn man darunter eine wurmförmige Bewegung in der Richtung vom pylorus zur cardia versteht. Menschen, welche sich durch Aufstossen Erleichterung zu verschaffen suchen, wissen ihren Magen zuvor erst mit Luft zu füllen. Bei aufgeblähtem Magen entsteht auch Übelkeit, Aufstossen und Würgen eher, als bei zusammengefallenem Magen. Ich habe ferner gezeigt, dass durch Reizung des Pylorustheils, durch welchen ich ein Band mittelst einer Haarseilnadel durchgezogen hatte, ebenfalls Erbrechen entstand, sobald etwas in den Magen gebracht worden war. Hierbei zog sich der pylorus stark zusammen, so dass man den Stoss durch einen leise auf den Magen aufgelegten Finger fühlte, — der Magen blähte sich mächtig auf, das Zwerchfell contrahirte sich gleichfalls. In manchen Fällen erfolgte sogar Erbrechen, ohne dass der Magen in seiner natürlichen Lage war, bei geöffnetem Unterleibe. — Diese Zusammenziehung des pylorus scheint bei jeder Art von Erbrechen, wodurch dasselbe immer hervorgebracht wird, vorhanden zu sein, wenn auch nicht so stark, als bei directer Reizung des Magens. — Die intensivste Bewegung zeigt sich im Zwerchfell, selbst wenn auch das Brechen durch Reizung des Magens entsteht. — Auch die Bauchmuskeln betheiligen sich, wenn sie nicht durchschnitten sind, lebhaft an dem Erbrechen, indem sie sich contrahiren und auf den aufgeblähten Magen wirken. Bei geöffneter Bauchhöhle habe ich oft gesehen, dass Thiere eine solche Lage annehmen, durch welche ein Druck auf den Magen möglich wurde und bei Menschen sieht man nicht selten, dass sie mit ihren Händen instinctartig die Magengegend drücken, um den Brechact zu erleichtern. So wirkt also gleichzeitig auf den aufgeblähten Magen von drei Seiten ein Stoss ein, durch welchen sein Inhalt gegen die cardia geschleudert und

1) Portal in Mém. du Musée hist. nat. IV, 398.
2) Rudolphi, Physiologie II, 123.
3) Müller, Physiologie I, 416. 4. Aufl.

Digitized by Google

von da aus durch den oesophagus und den pharynx nach Oben getrieben wird.

316. Hinsichtlich der Ursachen des Erbrechens, auf welche ich indess nicht einzeln eingehen kann, ist besonders der Einfluss des zehnten Nervenpaares von der grössten Wichtigkeit. Ein eclatanter Versuch, den ich und Waller angestellt haben,[1]) besteht darin, dass man bei einem Hunde den n. vagus einer Seite durchschneidet und dann dasjenige Nervenende, welches mit dem verlängerten Marke noch im Zusammenhange steht, galvanisirt. Hierdurch kann man künstlich Würgen und Erbrechen hervorbringen. Hieraus erklärt sich, dass eine jede Reizung dieses Nerven, sie mag im Schlunde, der Speiseröhre, dem Magen, dem Darme, den Respirationsorganen oder dem Herzen ausgeführt werden, Erbrechen zur Folge haben kann. — Eine zweite ältere Erfahrung ist die, dass nach Durchschneidung der beiden n. vagi gleichfalls Erbrechen entstehen kann. Endlich sei noch erwähnt, dass durch Gehirnstörungen dieselbe Erscheinung eintritt. Obgleich diese Einwirkungen sehr verschieden und sogar entgegengesetzter Art zu sein scheinen, so finden sie doch ihre bestimmte Erklärung, wie in der Nervenphysiologie gelehrt wird.[2])

III. Verdauungserscheinungen durch Einwirkung der Lebersecretionen.

Allgemeines.

317. Die bis jetzt bekannten wesentlichsten Functionen der Leber sind:

1) Absonderung der Galle;
2) Bereitung von Traubenzucker.

Diese Verrichtungen hängen theils von den drüsigen Elementen — Leberzellen —, welche in ungezählter Menge die grösste Masse der Leber ausmachen, theils von den chemischen Vorgängen ab, welche die Zusammensetzung der Leber bedingt. Beides ist indess noch nicht in dem Grade erforscht, um eine genügende wissenschaftliche Vorstellung zu begründen. Im Folgenden soll 1) die histologische und chemische Analyse der Leber in ihren Resultaten mitgetheilt, 2) die Gallen- und 3) die Zuckerabsonderung behandelt werden.

1) Mechanische und chemische Analyse der Leber. 318—329.

Anatomische Bestandtheile.

318. Um die Structur des Organs kennen zu lernen, bedient man sich am Besten einer (injicirten) Schweinsleber. In ihr erkennt man mit dem

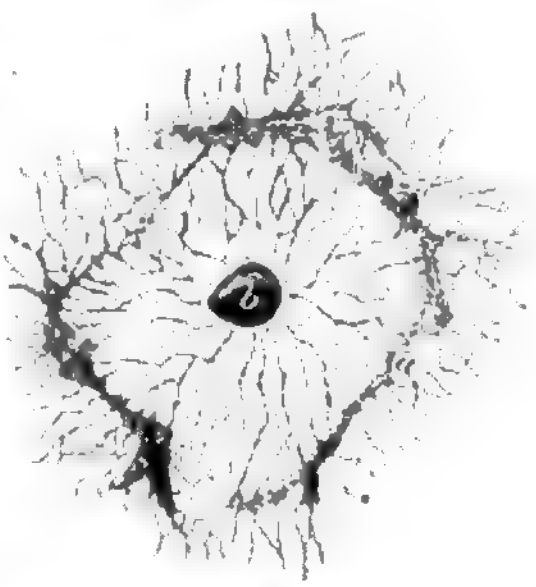
1) Budge und Waller in Froriep's Tagsberichten 1851. No. 415, p. 315.

2) Die wichtigste Literatur über das Erbrechen findet sich in meinem Buche: Lehre vom Erbrechen. Bonn 1840, und in meiner allgem. Pathol. Bonn 1845. p. 260.

Digitized by Google

ersten Blick eine grosse Menge Läppchen, die im Mittel etwa 1‴ gross sind, und in welche das ganze Leberparenchym zerfällt. In der Mitte eines jeden Läppchens findet sich eine Vene, welche man vena intralobularis nennt, die aus den Capillargefässen des Läppchens hervorgeht. Die venae intralobulares setzen sich zu grössern Venen (venae sublobulares) zusammen, die zuletzt in die Lebervenen münden. Um jedes Läppchen herum liegen die Verästelungen der Zweige der vena portarum (venae interlobulares) und der arteria hepatica. Die aus der Leberarterie kommenden Endgefässe gehen vielfach in Zweige der venae interlobulares über. Daher kann man theilweise die Pfortader von der a. hepatica aus injiciren. Aus dem Capillargefässnetz, was aus den Pfortader- und Leberarterienzweigen entsteht und sich in den Leberläppchen verbreitet, bildet sich in jedem Läppchen ein Lebervenenzweig, d. h. eine vena intralobularis.

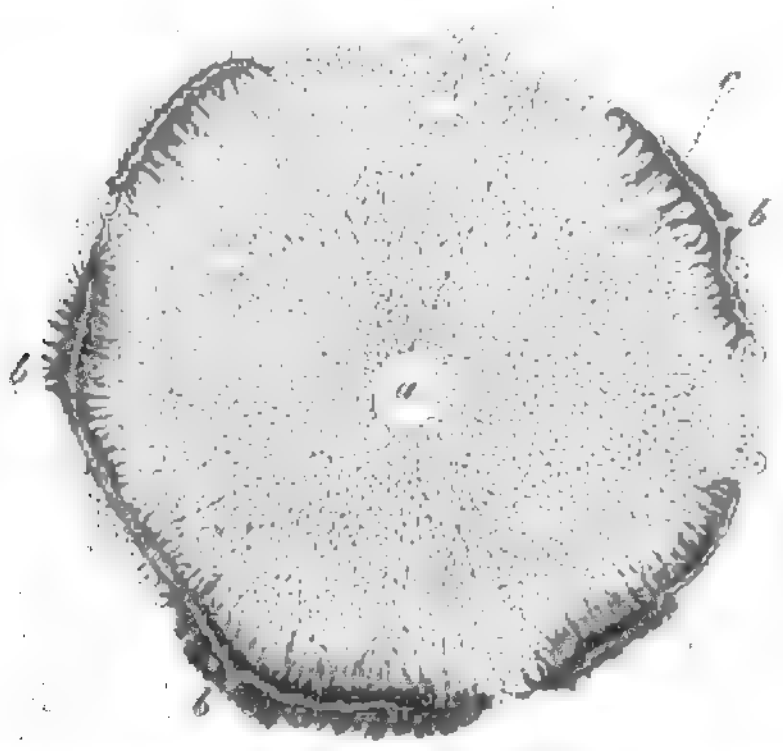
Figur 35.



Ein injicirtes Leberläppchen vom Kaninchen, vergrössert.
a venae interlobulares; *b* vena intralobularis.

Neben den Blut- und Lymphgefässen, die von feinen Nervenästchen begleitet sind, macht den zweiten Bestandtheil eines jeden

Figur 36.



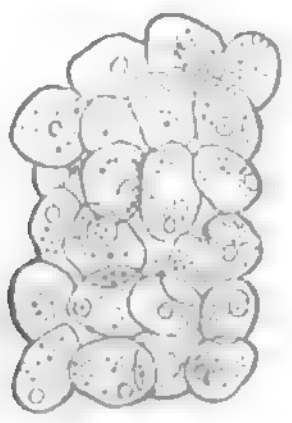
Leberläppchen vom Kalbe.
a vena intralobularis s. centralis; *b* ductus interlobulares biliferi; *c* dessen grössere Zweige.
70 Mal vergrössert.

Leberläppchens die eigentliche Drüsensubstanz aus. Sie besteht aus sehr zahlreichen, etwa $^1/_{400}$‴ grossen, Zellen (fast gleichzeitig entdeckt von Purkinje, Henle, Dujardin und Verger). In einer jeden Zelle sind 1, nicht selten 2, bei Embryonen sogar noch mehr Kerne nebst

Digitized by Google

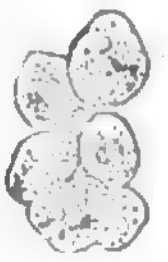
Kernkörperchen enthalten. Während durch concentrirte Schwefelsäure, mit welcher man sehr feine Leberschnitte behandelt, die Zellen unkenntlich werden, widerstehen die Kerne, welche man leicht erkennen kann. Innerhalb der Zellen findet sich noch eine körnige

Figur 37.



Leberzellen in Reihen nebeneinander liegend vom Kaninchen. 300 Mal vergrössert.

Figur 38.

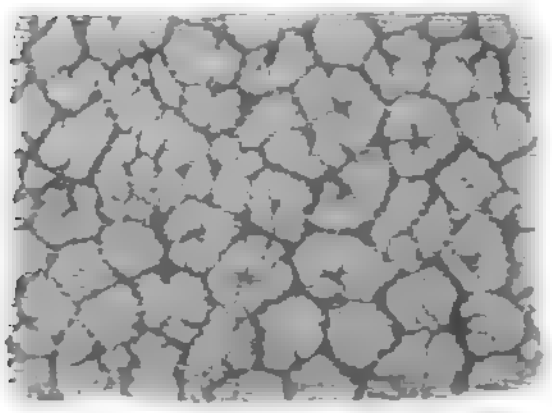


Leberzellen, 300 Mal vergrössert.

Masse, nicht selten Fetttröpfchen. Man kann die Zellen leicht isoliren, wenn man ein wenig Lebersubstanz abschabt und mit Wasser verdünnt unter dem Mikroskope betrachtet. Meist erscheinen viele Zellen noch aneinander hängend und oft bilden sie eine längliche Reihe. — Ob diese Zellenreihen in Canälen liegen, lässt sich nicht mit Bestimmtheit nachweisen. — Nach vielen Beobachtern (Backer, Retzius, Weja, Cramer, Beale, E. Wagner) sind diese Zellenreihen von einer mit Kernen besetzten Haut umgeben und organisch verbunden. Dass eine häutige Masse um Reihen von Leberzellen mitunter angetroffen wird, halte ich für zweifellos; ob es aber eine einfache Membran oder ein feines Gefäss sei, ist nach meiner Meinung noch nicht sicher (s. No. 322).

In der Schweinsleber sind die Läppchen durch besondere Hüllen von Bindegewebe umschlossen und daher so leicht erkennbar. In der Leber des Menschen und der meisten Säugethiere bemerkt man diese Hüllen nicht und kann deshalb auch die Sonderung der Läppchen nur durch die Vertheilung der Gefässe wahrnehmen, indem die Äste der Pfortader, der Leberarterie und Gallengänge unvollkommene Kränze bilden, welche die strahlenförmig ausgebreiteten Leberzellen umgeben.

Figur 39.



Kaninchenleber, an welcher die vena portarum injicirt war. Die venae intralobulares sehr deutlich. 2 Mal vergrössert.

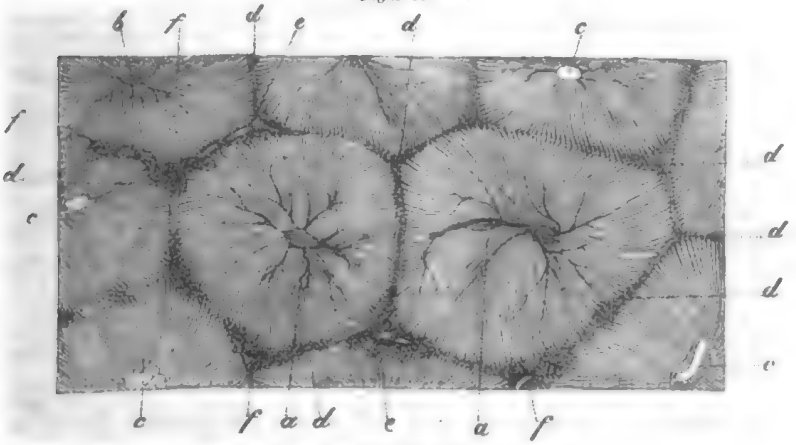
2

Um sich auf eine leichte Weise eine Anschauung von der Vertheilung der Zweige der vena portarum (venae interlobulares) und der Mittelvene (vena intralobularis) zu verschaffen, betrachte man einen feinen Schnitt von einer Kaninchenleber (s. beistehende Figur).

Digitized by

Bei jungen Kaninchen, von denen man rasch nach dem Tode ein Stückchen des äussersten durchsichtigen Endes der Leber mikroskopisch untersucht, sieht man durch den Druck des Deckgläschens nicht selten die Blutkörperchen in den Capillargefässen noch eine ganze Weile laufen und bemerkt die zahllosen Inselchen von Leberzellen gebildet, und von den Gefässbogen umflossen. Mitunter kann man sogar die Capillargefässe centrál gegen die Mittelvene hin verfolgen. Die beistehende Figur 40 ist nach der injicirten Leber eines Kaninchens angefertigt, an welcher die vena portarum und deren Zweige, v. interlobulares *d* roth, die venae hepaticae und deren Äste, die venae sublobares *c*, und venae intralobulares *a* und *b* blau, der ductus choledochus und dessen Zweige *f* gelb injicirt waren.

Figur 40.



Stück einer Kaninchenleber, 40 Mal vergrössert.
a b v. intralobulares; *c* Durchschnitte derselben; *d* v. interlobulares; *e* v. sublobulares; *f* ductus biliferi.

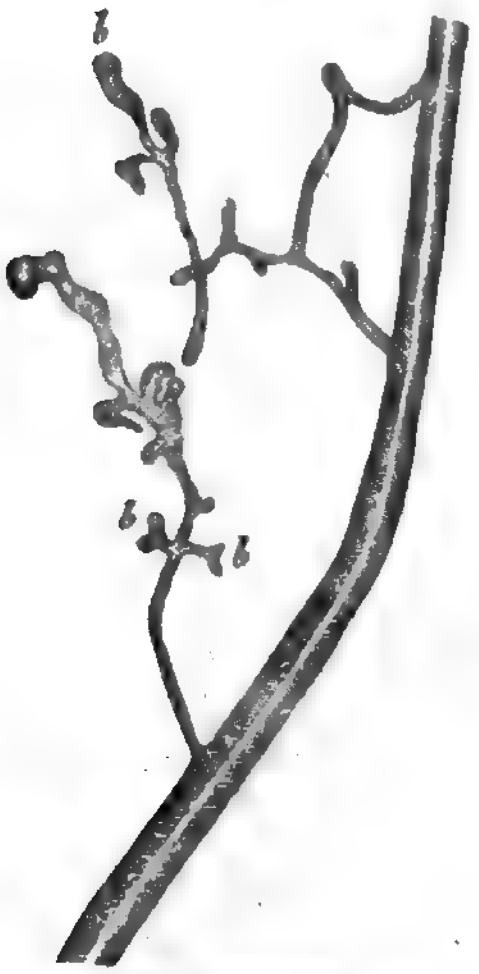
319. In der menschlichen Leber sind jedenfalls die Leberläppchen nicht in der Weise scharf durch Bindegewebe geschieden; nur in einer Krankheit (Cirrhosis hepatis) entwickelt sich dasselbe.

320. Die Lebervenen sind besonders durch eine grosse Menge von Muskelfasern ausgezeichnet. Schneidet man dieselben ein, so fallen die vielen kleinen Öffnungen auf, welche Mündungen kleiner Venen sind. Man sieht zugleich, wie die Lebervenen vom Parenchym dicht umgeben sind, also innerhalb der Läppchen liegen, während die andern Gefässe die Läppchen umgrenzen.

321. In bedeutender Menge finden sich auch Lymphgefässe in der Leber und füllen sich häufig in grosser Ausdehnung bei Injectionen der Gallengänge (Kiernan, Beale u. A.), wovon ich mich bei zahlreichen Untersuchungen ebenfalls überzeugt habe.

322. Die Gallencanäle lassen sich vom ductus choledochus aus in eingespritzten Präparaten leicht bis an die Grenze der Läppchen verfolgen; sie verbreiten sich hier baumförmig und communiciren vielfach unter einander (s. Fig. 40*f*). Wie ihr weiterer Verlauf jenseits des Randes der Leberläppchen sich verhält, ist noch nicht vollständig aufgeklärt. Auch ist man noch nicht darüber im Reinen, ob und in welcher Verbindung die Leberzellen mit den Gallencanälen stehen. Sicher ist, dass es an der Oberfläche der Leber feine Gallencanäle gibt, welche geschlossene Netze bilden und andere, welche sich stumpf wie in Blindsäcken endigen (vasa aberrantia), s. Fig. 41.

Figur 41.



Vasa aberrantia.
b deren stumpfe Enden.

Nach den neueren Untersuchungen von Beale [1]) erweitern sich die feineren Gallencanälchen wieder und in dieser Erweiterung liegen die Leberzellen, so dass also diese letzteren von Hüllen umgeben sind und diese Hüllen setzen sich ununterbrochen in die Gallencanäle fort. Kölliker [2]) leugnet entschieden diese Hüllen, so wie einen directen Zusammenhang zwischen den Zellen und den Gallencanälen. Nach Reichert [3]) gehen die letzten Endigungen der Gallencanäle „in ein cavernöses Drüsenhöhlensystem über, deren Wandungen und Septa mit denen der cavernösen Blutsysteme zu vergleichen sind. Wie die Hohlräume des corpus cavernosum des penis mit Blut gefüllt sind, so diese Räume mit Leberzellen.“ Nach meinen eigenen [4]) Untersuchungen verengern sich die Gallencanälchen innerhalb der Läppchen beträchtlich; es entsteht ein feines Netz, welches überall zwischen den Leberzellen verläuft. Dieses Netz erstreckt sich bis zum Centrum des Läppchens. Dieses Resultat schliesst sich am Meisten den Beobachtungen von Gerlach [5]) an; auch Beale fand an einigen Stellen ein Netzwerk von Gallencanälen, deren Durchmesser beträchtlich geringer war als derer, welche Zellen enthalten. Nach meinen Untersuchungen sind Netze der Art nicht auf wenige Stellen beschränkt, sondern allgemein in der Leber

1) Beale in Philos. transact. 1856, vol. 146, p. 375.
2) Kölliker in Gewebl. 3. Aufl., p. 438.
3) Reichert in Müller's Archiv 1849, p. 656.
4) Budge in Müller's Archiv 1859, p. 642.
5) Gerlach, Gewebelehre, p. 332.

Digitized by Google

verbreitet. Dass die von mir eingespritzten feinen Gefässe wirklich Fortsetzungen der Gallencanäle sind und nicht Lymphgefässe, geht 1) daraus hervor, dass dieselben in directer Verbindung mit den weitern Gallengefässen deutlich beobachtet werden konnten, und 2) dass in solchen Fällen auch die grössern Lymphgefässe immer hätten angefüllt gewesen sein müssen, was nicht der Fall war [1]).

Chemische Zusammensetzung der Leber.

323. Die chemischen Bestandtheile der Leber sind nach v. Bibra:

In Wasser unlösliche Proteinsubstanzen	9,14
Eiweiss	2,40
Leimgebende Substanz	3,37
Extractivstoffe	6,07
Fett	2,40
Wasser	77,17.

In der Asche (4%) fanden sich vorzugsweise phosphorsaure Alkalien, Chlornatrium, phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia, Spuren von Kieselsäure und Eisen.

Glycogen.

324. Eine wichtige Substanz der Leber ist das sogenannte Glycogen, ein dem Amylum analoger Körper, welcher von Bernard [2]) und Hensen [3]) in der Leber nachgewiesen und von Pelouze [4]) analysirt worden ist. Er ist derjenige Stoff, welcher sich durch ein in der Leber selbst enthaltenes Ferment in Traubenzucker (No. 176) umsetzt. Man bereitet die glycogene Substanz auf folgende Weise: man zerreibt die Leber und kocht sie eine Stunde lang in Wasser. Aus der ausgepressten Masse wird durch Alkohol von 38—40° eine gelblichweisse Substanz präcipitirt, welche man in Wasser löst und wiederholt mit Alkohol wäscht. Sodann kocht man $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde mit sehr concentrirter Kalilauge, filtrirt mit Zusatz von etwas Wasser, präcipitirt von Neuem mit dem 4—5fachen Volumen Alkohol, entfernt das kohlensaure Kali mit Essigsäure und laugt mit Alkohol aus.

325. Die gewonnene Substanz ist weiss, amorph, in Wasser lös-

---

1) Man vgl. ausser den citirten Schriften über die Structur der Leber:
Wepfer, De dubiis anat. Norimb. 1664. — Malpighi, De hepate C. II. — I. Müller, De gland. sec. struct. Lips. 1830, p. 81. — Kiernan in Philos. transact. 1833, p. 711. — Krause in Müll. Arch. 1837. — E. H. Weber in Progr. coll. Lips. 1851 II, und Müll. Arch. 1843. — Krukenberg und I. Müller ebend. — Theile in Wagner's Handw. II, 308. — Baker (Schröder van der Kolk), De struct. subtiliori hepatis. Traj. ad Rh. 1845. — Retzius in Müll. Arch. 1849. — Weja ebend. 1851. — Cramer in Tijdschr. d. nederl. maatsch. 1853. — Reichert in Müll. Arch. 1854, LXXVI. — E. Wagner in Arch. der Heilk. 1860.

2) Bernard in Compt. rend. Tom. XXXXIV, 578.

3) Hensen in Virchow's Arch. XI, 395.

4) Pelouze in Gaz. méd. 1857, p. 443. . Compt. r. 1857 I, No. 26.

Digitized by Google

lich, wird durch Jod veilchenblau, durch Schwefelsäure in Dextrin und bei höherer Temperatur in Zucker verwandelt. Auch Diastase, Speichel, Pankreas, besonders aber Blut bringen die Umsetzung zu Wege. Es besteht nach Pelouze aus 39,8 C. 6,1 H. 54,1 O., was der Zusammensetzung von Amylon C^{12} H^{12} O^{12} entspricht. Durch concentrirte Salpetersäure entsteht Xyloidin aus demselben.

Leberferment.

326. Das Leberferment erhält man, wenn man die zerriebene Leber mit kaltem Alkohol versetzt, wodurch es präcipitirt wird. Kochen zerstört es.

Andere Bestandtheile.

327. Von anderen Substanzen wurde in der gesunden Leber gefunden: Hypoxanthin, Harnsäure, Xanthoglobulin von Scherer,[1]) Leucin von Gorup-Besanez,[2]) Harnstoff von Heynsius,[3]) Inosit von Cloetta (Lieb. Ann. XCIX).

328. Wenn Metalle in den Körper gelangen, so findet man nicht selten dieselben in der Leber, so z. B. Kupfer, Zink, Arsenik.[4])

Salze der Leber.

329. In der Leber sind nach Oidtmann[5]) folgende Aschenbestandtheile enthalten, welche er mit denen in der Milz vergleicht:

In 100 Asche.	Leber.	Milz.
Chlor . . .	2,577	0,548
Phosphorsäure	49,373	27,109
Schwefelsäure	0,912	0,543
Kieselsäure .	0,272	0,070
Kali	25,171	9,189
Natron . . .	14,474	43,298
Kalk	3,020	7,500
Magnesia . .	0,193	0,393
Eisenoxyd . .	2,750	7,274
Manganoxyd .	0,100	0,080
Kupferoxyd .	0,040	0,006
Blei	0,010	—

Die Analyse ist die der Leber eines männlichen Geisteskranken von 56 Jahren. Oidtmann hat fünf andere Analysen gemacht und zieht folgende Resultate: 1) Mit dem Lebensalter steigt meistens der

---

1) Scherer in Archiv für path. Anat. X, 228. Xanthoglobulin kommt in grossen, gelben, in kaltem Wasser sehr schwer löslichen Kugeln vor, braucht 400 Th. warmes Wasser zur Lösung, aus der es in konischen theils isolirten, theils aggregirten mikroskopischen glänzenden Kryställchen anschiesst, welche im polarisirten Lichte ein prachtvolles Farbenspiel zeigen. Auch in Ammoniak ist es leicht löslich und crystallisirt in gelben, sehr harten Kugeln. — Scherer in Würzb. Verh. 1857. VII, 262.

2) Gorup-Besanez in Liebig's Ann. XCVIII. 1.

3) Heynsius, Archiv für holl. Beitr. I, 302.

4) Bibra, Chem. Fragmente über Leber und Galle. Braunschw. 1849.

5) Oidtmann, Anorg. Bestandth. der Leber und Milz. Linnich 1858.

Digitized by Google

Aschengehalt. 2) Umgekehrt verhält es sich mit dem Wasser. 3) In der Leber prävaliren Kali-, in der Milz Natronsalze. 4) Die Leber ist reicher an Phosphorsäure, die Milz an Eisen. Vgl. über anorganische Bestandtheile der Leber auch die oben citirte Schrift von Bibra.

2) Gallenabsonderung. 330—376.

330. Man erhält die Galle gewöhnlich aus Gallenfisteln bei Thieren; solche wurden zuerst von Schwann [1]) angelegt. Die zu ihrer Ausführung dienende Operation verrichtet man am Besten bei Hunden auf folgende Weise: Das Thier wird anästhesirt und auf den Rücken gelegt; dann mittelst eines Schnittes durch die linea alba die Bauchhöhle geöffnet, die Leber so zurückgelegt, dass man den sogleich in die Augen fallenden ductus choledochus, wo er in den Zwölffingerdarm geht, unterbinden kann, sodann die Gallenblase aufgeschnitten, ihr Inhalt entleert und in dieselbe ein kleines, mit einem Schildchen versehenes Röhrchen eingebunden und die Bauchwunde wohl vernäht. — Oder man erhält die Galle aus Fisteln von Menschen, wenn z. B. die Gallenblase angestochen worden ist; oder endlich man bedient sich der frischen Galle bald nach dem Tode vorher gesunder Menschen oder Thiere. a) Gewinnung der Galle.

331. Bei Hingerichteten fand man sie gelb; Galle aus einer Gallenfistel von einem freilich leberkranken Individuum fand sich grasgrün; beim Rinde, dem Schafe ist sie ebenfalls grün; beim Kaninchen hellgrün, mitunter bräunlich, selbst röthlich; bei Hunden und Katzen gelb bis braun. Die gelbe Galle wird durch den Zutritt der atmosphärischen Luft, oder wenn man sie in Sauerstoffgas bringt (Bidder und Schmidt, p. 213) grün; die grüne Galle durch metallisches Zink oder dasselbe mit Platin durch Desoxydation wieder gelb. (Ebend.) Die Farbenveränderung von Gelb in Grün beruht also auf einer Oxydation des Farbestoffs. b) Eigenschaften der Galle.

332. Die Galle reagirt in der Regel neutral oder auch schwach alkalisch. Bei scheinbar ganz gesunden Kaninchen habe ich die Galle, besonders die röthliche, zuweilen deutlich sauer gefunden.

333. Sie hat einen eigenthümlichen, von Vielen als moschusartig bezeichneten Geruch, schmeckt stark bitter, hat ein spec. Gewicht von ungefähr 1,02. Aus dem ductus hepaticus gewonnen, ist sie dünn und wässrig, aus der Gallenblase zäh und zieht sich um so mehr in Fäden, je reicher sie an Schleim ist.

---

1) Schwann in Müller's Archiv 1844, p. 127; vgl. auch Blondlot, Essai sur les fonct. de foie et de ses annexes. Paris 1846. — Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte, p. 102.

Digitized by Google

334. Unter dem Mikroskope betrachtet, zeigt sie nur selten eine gefärbte, kleinkernige Masse. Zuweilen Epithelzellen aus der Gallenblase, höchst selten Crystalle von Gallenfett. Gelbrothe, nadelförmige Crystalle beobachtete Virchow [1]) unter abnormen Zuständen.

335. Tröpfelt man Salzsäure in Galle, so entsteht ein Niederschlag; eben so daher, wenn Magensaft und Galle zusammenkommen.

336. Die Galle verzögert das Faulen mancher organischer Substanzen, so dass man wohl annehmen kann, dass bei einer Lufttemperatur von 18° R. das Fleisch, mit Galle und Wasser in Verbindung gesetzt, erst zwei Tage später einen fauligen Geruch annimmt, als wenn Fleisch und Wasser allein stehen gelassen werden.

337. Fleisch, Eiweiss, Kartoffeln werden von Galle nicht verändert, nicht im Geringsten gelöst, hingegen soll Galle den Käsestoff aufzulösen im Stande sein (Hünefeld, Besanez).

338. Die Galle scheint einen bedeutenden Einfluss auf die Löslichkeit der Salze zu haben, wie aus Enderlin's Untersuchungen hervorgeht. Er fand nämlich im Blute 15% unlösliche und 84% lösliche Salze, im Magen hingegen 93% unlösliche und 6% lösliche, im duodenum 14% unlösliche, 85% lösliche, und im übrigen Dünndarme 9% unlösliche, 90% lösliche, im Blinddarme 73% unlösliche, 26% lösliche, im Mastdarme 94% unlösliche und 5% lösliche Salze.

c) Chemische Bestandtheile.

339. Ihrer chemischen Beschaffenheit nach ist die Ochsengalle am Genauesten untersucht. Das Folgende bezieht sich auf diese. Sie enthält a) 91 bis 92% Wasser. Der trockene, braune, harzige Rückstand löst sich in absolutem Alkohol grösstentheils auf; nur b) der Gallenschleim bleibt ungelöst als weisser Bodensatz. Ein Zusatz ven Chlorbaryum zu der filtrirten alkoholischen Lösung schlägt c) einen Farbestoff nieder. Durch Zusatz von Salpetersäure wird er erst grün, dann bläulich, violett, roth und zuletzt gelb. Daher ist diese Säure ein gutes Erkennungsmittel des Gallenfarbestoffs. — In der filtrirten Flüssigkeit finden sich noch: d) das sogenannte Gallenfett, Cholestearin, welches man hingegen jetzt nicht mehr zu den Fetten rechnet; e) mehre Fettarten: Olein und Margarin, die mit Äther ausgezogen werden können. f) Der wesentliche Gallenstoff, von Berzelius Bilin, von Demarcay Choleinsäure, von Kemp und Liebig Gallensäure genannt. Gereinigt ist er eine gummiartige, weisse, in Wasser und Alkohol lösliche, sehr bittere Substanz.

340. Der Gallenstoff ist aber kein einfacher Stoff, sondern enthält zwei Natronsalze, cholsaures oder glycocholsaures und cholein-

---

1) Virchow, Verh. der Würzb. Ges. I, 311.

Digitized by Google

saures oder taurocholsaures Natron (Strecker).[1]) Wenn man auf frische (Rinds-)Galle (ohne oder mit Fett, Schleim und Farbestoff) eine Lösung von Bleizucker giesst, so entsteht ein weissgelblicher Niederschlag. Behandelt man diesen mit kochendem Alkohol von 85%, und leitet in die filtrirte Flüssigkeit, um das Blei niederzuschlagen, Schwefelwasserstoff, filtrirt wieder, verdünnt mit destillirtem Wasser und lässt die Flüssigkeit längere Zeit stehen, so krystallisirt die Cholsäure oder Glycocholsäure (67,097% C., 9,032% H., 3,011% N., 18,925% O., 1,935 Wasser) in feinen, glänzenden Nadeln. — Sie ist in 303 Th. kaltem, 120 Th. heissem Wasser, leicht in Alkohol, wenig in Äther löslich. — Das glycocholsaure Natron erhält man in sternförmigen Krystallen (Platner[2]), jedoch mit glycocholsaurem Kali verbunden, wenn man im Wasserbade eingedampfte Ochsengalle mit absolutem Alkohol (zur Entfernung des Schleims) auszieht, filtrirt, mit Thierkohle oder Zinnoxydulhydrat entfärbt, nach einigen Tagen wieder mit Alkohol behandelt, bis sie sich nicht mehr trübt. Man lässt dann einen Strom salzsauren Gases einströmen, entfernt den Überschuss von Salzsäure durch geschlämmtes Bleioxyd, und das Blei durch Schwefelwasserstoff, filtrirt, verdampft das Filtrat zur Trockne, löst das Pulver in absolutem Alkohol, übergiesst die Lösung mit der 15—20fachen Menge Äther und setzt sie verschlossen einer allmählig erhöhten Kälte aus. Es scheidet sich die krystallisirte Galle aus.

Die nicht krystallisirende Taurocholsäure (62,52% C., 9,02% H., 2,8% N., 22,44% O., 3,21% S.) erhält man (jedoch stets mit Beimengungen von Glycocholsäure), wenn man die Flüssigkeit, welche über dem durch Bleizucker erhaltenen Niederschlag der Galle steht, mit Bleiessig (basisch essigsaurem Bleioxyd) präcipitirt, das Präcipitat mit kohlensaurem Natron zerlegt, den festen Rückstand mit Alkohol, welcher das taurocholsaure Natron löst, auszieht und dann Äther hinzugiesst. Hierdurch fällt das in Äther unlösliche taurocholsaure Natron nieder. Man löst dann mit Wasser, fällt mit essigsaurem Silberoxyd, filtrirt, behandelt das Filtrat mit Bleiessig, entfernt endlich das Blei durch Schwefelwasserstoff. — Die Glycocholsäure zerfällt durch längeres Kochen mit Kalilauge oder Barytwasser a) in eine stickstofffreie Säure, Cholalsäure, und b) in einen stickstoffhaltigen süssschmeckenden Körper, den von Braconnot entdeckten Leimzucker, Glycin oder Glycochol. Auch durch Kochen mit Säuren wird die Cholsäure in diese beiden Substanzen zerlegt, aber

1) Strecker in Wöhler und Liebig's Ann. LXVI, 1.

2) Platner, ibid. LI, 105.

Digitized by Google

die entstandene Cholalsäure geht bald in noch weitere Zersetzungsproducte über, z. B. in Choloidinsäure, Dyslysin u. s. w. — Die Taurocholsäure ist vorzüglich durch ihren Schwefelgehalt ausgezeichnet. Wird sie mit Alkalien gekocht, so zerfällt sie in die stickstofflose Cholalsäure (wie die Glycocholsäure) und in eine andere stickstoffhaltige Substanz, das Taurin oder Gallenasparagin, das durch seine farblosen, 6seitigen Prismen mit 4- und 6seitiger Zuspitzung leicht unter dem Mikroskope erkannt wird. Es kommt nicht in der Schweinsgalle, wohl aber in der Menschengalle vor.

341. Die beiden Säuren werden durch die sogenannte Pettenkofer'sche [1]) Probe leicht entdeckt.

Werden in einem Uhrglase eine Zuckerlösung und ein Paar Tropfen concentrirter Schwefelsäure auf Galle getröpfelt, so entsteht rasch ein schöner purpurrother Fleck. Oder man schüttele die zu untersuchende Flüssigkeit in einem Probirgläschen mit Zucker, bis ein starker Schaum entsteht und lasse auf diesen tropfenweise Schwefelsäure fallen, so bildet sich hier eine schöne rothe, gewöhnlich bald verschwindende Färbung.

342. Eiweiss wird durch dieselbe Probe auf eine ähnliche Weise gefärbt und es ist daher nothwendig, Flüssigkeiten, welche auf Gallensäuren untersucht werden sollen, zuerst durch Kochen oder Alkohol von ihrem Eiweiss zu befreien. Ferner ist darauf zu achten, dass die Schwefelsäure ganz frei von schwefeliger Säure sei.

343. In der menschlichen Galle soll nach Gorup-Besanez [2]) Glycocholsäure nicht vorkommen, welche jedoch neuerdings Schäfer [3]) auch hier gefunden haben will.

344. Nach der Analyse von Gorup-Besanez aus den Leichen zweier Hingerichteter enthält die menschliche Galle:

Wasser	89,81	82,27
Gallensaures Natron .	5,65	10,79
Fett	3,09	4,73
Schleim und Farbstoff	1,45	2,21
Salze	0,63	1,08

Die Salze der Galle sind: Chlornatrium, phosphorsaures Natron, phosphorsaure Magnesia, phosphorsaurer Kalk, Spuren von Eisenoxyd.

Gallenfarbestoff.

345. Der Gallenfarbestoff kommt theils als brauner: Cholepyrrhin, theils als grüner: Biliverdin vor, immer an Kali gebunden. Im gesunden Zustande scheint bloss der erstere beim Menschen sich zu finden. Er ist rothbraun, unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol,

---

1) Pettenkofer in Liebig's Ann. LIII, 90.
2) Gorup-Besanez, Prager Vierteljahrsschr. IV, 86.
3) Schäfer in Zeitschr. der Ges. Wiener Aerzte 1859, No. 45, p. 711.

Digitized by Google

Ammoniak und Kali; wird durch Salzsäure aus der alkalischen Lösung grün gefällt.

346. Um Gallenfarbestoff in einer Flüssigkeit nachzuweisen, giesst man in einen engen Standcylinder Salpetersäure, welche mit salpeteriger Säure vermischt ist, und lässt an der Wandung die Flüssigkeit herabgleiten. An der Berührungsschicht entstehen die charakteristischen Farben, nämlich zuerst grün, dann blau, violett, roth, gelb.

347. Das Gallenfett oder Cholestearin ist nicht verseifbar, krystallisirt in dünnen rhombischen Tafeln (Fig. 42), unlöslich in Wasser, löslich in siedendem Alkohol, in Äther, fetten Ölen, Taurocholsäure; lässt sich entzünden. Es wird an den Rändern seiner Tafeln roth gefärbt, wenn man eine Mischung von 5 Volumina Schwefelsäure und 1 destillirtem Wasser darauf bringt; die Farbe verliert sich allmählig (Moleschott[1]). Gallenfett.

Figur 42.

185.

Cholestearinkrystalle aus einem Gallensteine dargestellt, 155 Mal vergr.

348. Cholestearin kommt ausser in der Galle auch im Blute und in dem Gehirne vor, so wie auch im Dotter des Hühnereies; und krankhaft in vielen Geschwülsten und in den meisten Gallensteinen, aus denen man es leicht durch Kochen in Alkohol darstellt.

349. Die anorganischen Verbindungen in der Galle sind Chlornatrium, phosphorsaure Verbindungen mit Magnesia, Kalk, Natron, kohlensaures Natron, kleine Mengen von Eisen, Mangan und Kupfer.[2] Gallenasche.

350. Aus frischer, mit Essigsäure versetzter Galle hat Lehmann unter der Luftpumpe Kohlensäure entwickelt. Ob in der Galle Zucker (Donders, Colin) und Harnstoff (Picard) vorkommen, bedarf noch weiterer Untersuchungen.

351. Nach Arnold[3]) entleerte 1 Kilogrm. Hund in 24 Stunden 11,65 Grm. Galle. Darin feste Substanz 0,215; nach Kölliker und Müller[4]) 1 Kil. Hund in 24 Stunden 32 Grm. und darin 1,156 feste Bestandtheile. Absonderungsgrösse.

352. Die Menge der Galle wird nach allen Beobachtungen nach der Nahrungseinnahme vermehrt; gewöhnlich nach einer Stunde und erreicht nach 2—3 Stunden ihr Maximum.[5])

---

1) Moleschott, Wien. medic. Wochenschr. 1855, p. 129.
2) Gorup-Besanez, Unters. über die Galle. Erlangen 1846.
3) Arnold, zur Phys. der Galle. Mannheim 1850.
4) Kölliker und Müller in Würzb. Verhandl. B. VI.
5) Ausser den angegebenen Schriften vgl. Voit, phys.-chem. Unters. Augsburg 1857, und Dalton in American Journ. 1847 Oct.

Digitized by Google

353. Durch den Genuss von Fett wird die Gallensecretion vermehrt. Bei der Fütterung eines Hundes mit möglichst fettlosem Fleische betrug die Gallenmenge in 24 Stunden nach Nasse[1]) im Mittel 107,85 Grm., mit 1 Grm. 0,94 fester Substanz. Bei bedeutender Fettnahrung hingegen stieg die Galle auf 206,13 Grm.

354. Durch Wasserzusatz sowie durch eine grössere Menge von Nahrung wird die Gallensecretion vermehrt.

355. Durch den Gebrauch von Natron carbonicum nahm die Gallensecretion nach Nasse ab.

356. Wenn man annehmen kann, dass bei fleischfressenden Thieren in 24 Stunden einige und 20 Grm. Galle entleert werden auf 1 Kil. Körpergewicht, so würde dieses auf den Menschen angewendet für einen Erwachsenen in 24 Stunden über 2 Pfd. Galle betragen, mit ungefähr 150 Grm. (9 Loth) fester Substanz.

e) Functionen der Galle. 357–368.

357. 1) Thiere, denen vermittelst einer Gallenfistel die gesammte Galle ausfliesst, können dennoch am Leben bleiben. Blondlot[2]) beobachtete, dass ein Hund, an dem diese Operation, wie die spätere Section zeigte, vollständig gelungen war, sogar fünf Jahre lebte. Ähnliche Beobachtungen machten Schwann, Nasse, Arnold, Stokmann u. s. w. Meistens indess starben die Thiere in viel kürzerer Zeit. Wenn solche Thiere am Leben bleiben, so nehmen sie eine beträchtlich grössere Menge von Nahrung zu sich; so z. B. beobachtete Schellbach[3]) bei einem Hunde, dass er vor der Operation 200—300 Grm. Fleisch bedurfte, während er nach der Operation 500 Grm. gebrauchte, um nicht abzunehmen. Wenn solche Thiere hingegen nicht genug Nahrung aufnehmen können, so gehen sie bald zu Grunde.

Wenn die Hunde nicht mehr so viel wie früher frassen, so wurden sie dabei ausserordentlich mager, und von Tag zu Tag nahm ihr Körpergewicht mehr ab. Die Bewegungen waren sehr kraftlos, die Haare fielen aus. Die Darmausleerungen erfolgten träge und selten, und die faeces mussten zuweilen künstlich entleert werden, waren aber bei Fleischkost höchst stinkend und faulig; bei Fütterung mit Brot waren die faeces fast geruchlos und aussergewöhnlich sauer (Bidder und Schmidt, p. 218). Dabei Kollern und Poltern im Unterleibe und der fast unaufhörliche Abgang sehr übelriechender flatus. Auch die ausgeathmete Luft roch sehr unangenehm. Der

1) Nasse, Comm. de bil. quot. a can. secr. cop. Marburg 1851.

2) Blondlot, Essai sur les fonct. du foie et de ses annexes. Nancy 1846. Inutilité de la bile dans la digest. Nancy 1851.

3) Schellbach in Ann. der Chem. LXXIX. 290.

Digitized by Google

Urin wurde selten, aber dann in grosser Menge und sehr concentrirt gelassen. Der Herzschlag war von normaler Frequenz, aber äusserst schwach. Die Körpertemperatur war gesunken. Der Appetit war nicht hinlänglich, denn die Hunde dieser Reihe verzehrten weniger, als ausreichte. Einer verschmähte zuletzt die Nahrung.

Nach dem Tode fanden sich Fett und Muskeln am Meisten geschwunden.

Obwohl Thiere, welche Appetit genug haben, noch ein Mal so viel als vorher und selbst mehr frassen, so wurden sie trotz der reichlichen Nahrung träge, schliefen viel, namentlich gleich nach der Mahlzeit. Die Muskeln erschienen wohlgenährt, aber das Fett hatte beträchtlich abgenommen. Der chylus war nicht milchweiss, sondern opalisirend, wegen Mangel an Fett, hingegen wurde mehr Fett durch die Excremente entleert, also weniger resorbirt.

Die auffallendsten Erscheinungen, welche bei fortdauerndem Gallenverlust eintreten, sind demnach einmal der gesteigerte Trieb nach Nahrung, zweitens die Abnahme des Fettes, und drittens die grosse Mattigkeit.

358. Die stark saure Reaction des Darminhalts scheint darauf zu deuten, dass ohne Zutritt der Galle mehr Milchsäure nach dem Genusse von Amylaceen im Darme entsteht, und die Milchsäuregährung durch die Galle aufgehalten wird. Bekanntlich unterdrückt die Galle die Gährung leicht; wenn z. B. die alkoholische Gährung in vollem Gange ist, so reicht wenig Galle hin, um ihren Fortgang zu unterbrechen. Ebenso hebt auch nach Bernard [1]) die Galle die Verdauungsfähigkeit des Magensaftes auf.

359. Die grössere Menge von Nahrung, welche Thiere mit Gallenfisteln verzehren, steht nicht im Verhältniss mit der Menge der Galle, welche ausgeführt wird. Denn wenn beispielsweise die 24stündige Gallenentleerung durch eine Fistel auf 1 Kilogrm. Körpergewicht 30 Grm. beträgt, und darin etwa 1 Grm. feste Substanz, und wenn zur Lebenserhaltung auf dasselbe Gewicht 45 Grm. Fleisch mehr als zuvor erfordert werden, mit 9 Grm. fester Substanz, so sieht man ohne genaue Rechnung das allgemeine Resultat ein, dass durch die Galle die Ernährung befördert werden muss. Man könnte vermuthen, dass durch den Zufluss von Galle zu allen Körpertheilen diese vor einer zu raschen Zersetzung bewahrt bleiben, und sich länger in ihrem leistungsfähigen Zustande erhalten; dass also in der Galle das allgemeine Conservationsmittel zu suchen sei. Um eine

1) Bernard, Leçons. 1856, II, 421.

Digitized by Google

solche Hypothese zu stützen, sind freilich noch manche Untersuchungen anzustellen.

360. 2) Die Galle ist nur zum Theil Excret, wie schon Haller ausspricht; die grössere Quantität derselben tritt wieder in die allgemeine Säftemasse. — Wenn täglich nur 2 Pfd. Galle von einem Menschen entleert würden, eine gewiss eher zu geringe, als zu grosse Annahme, so enthielten diese höchstens $10^3/_4$ Loth feste Substanz. Die feste Substanz der gesammten Kothmenge beträgt aber im Mittel etwa $1^4/_5$, im höchsten Falle 3,4 Loth. — Ein Hund entleerte in fünf Tagen 97,3 Grm. faeces, darunter 40,9 feste Substanz, in welcher nur Spuren von Gallenbestandtheilen waren. Die festen Gallensubstanzen, welche in derselben Zeit bei einem solchen Hunde in den Darm gelangen, betragen 39,52 Grm. (Bidder und Schmidt[1]).

Der Schwefelgehalt der Hundegalle beträgt von 39,52 Grm. etwa 2,37 Grm., der der faeces hingegen nur 0,384 Grm. (Bidder und Schmidt).

In den Excrementen sind nur Spuren von Natronverbindungen, in der Galle ist eine überaus grosse Menge davon (Liebig[2]).

361. Der Gallenfarbestoff wird mit dem Kothe entleert, wobei jedoch unbekannt ist, ob seine gesammte Menge auf diesem Wege abgeht, oder ein Theil in das Blut zurückkehrt. Wird der ductus choledochus unterbunden, was zuerst von Brodie,[3]) und dann in zehn Versuchen von Tiedemann und Gmelin, sowie auch von Leuret und Lassaigne ausgeführt wurde, so tritt Gelbsucht ein, der Urin und das Blut enthalten Gallenfarbestoff, der Koth riecht bei Fleischfütterung[4]) (Bidder und Schmidt, p. 218) faulig und höchst unangenehm, aber nicht kothig, zuweilen nur fade, der Inhalt des ductus thoracicus, welcher im normalen Zustande weiss ist, war hell. — Bei einer Frau mit Gallenfistel, welche ich beobachten konnte, hatte der Koth durchaus keinen fauligen, sondern einen ganz faden Geruch. In den meisten Arten von Gelbsucht ist der Zufluss der Galle in den Darm gehindert oder aufgehoben. Dabei staut sich natürlich die Galle in den Gallengängen und wir können dieselbe Erscheinung gewärtigen, welche eintritt, wenn man unter starkem Druck Flüssigkeiten in den ductus choledochus injicirt. Es füllen sich nämlich in solchen Fällen sehr leicht die Lymphgefässe (s. No. 321). Theils

---

1) Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte, p. 217.

2) Liebig, Org. Chemie in ihrer Anw. auf Phys. und Path. Braunschweig 1842, p. 64.

3) Brodie in Magendie Journ. d. physiol. III, 98.

4) Nach Saunders (a treatise on the struct. and diseas. of the liver, p. 105) hält die Galle die Zersetzung der animalischen Substanzen auf, cf. No. 336.

Digitized by Google

auf diesem Wege, theils durch Eindringen durch die Wandungen der Blutcapillargefässe kann Gallenflüssigkeit ins Blut gelangen. — Bei Gelbsucht sind die Excremente weiss und haben einen fauligen Geruch, im Darme entwickelt sich viel Gas, eine grosse Mattigkeit befällt die Kranken, welche gewöhnlich abmagern. — Alle Organe können gelb gefärbt werden, auch das Gehirn, nur sehr selten die Zunge. Auffallend ist, dass der Geschmack nicht bitter ist und das Blutserum nicht bitter schmeckt (cf. P. Frank Kh. d. Menschen, übers. von Sobernheim. Berlin 1834, X, 202).

362. Was von der Galle in die Säftemasse zurückkehrt, sind hauptsächlich die gallensauren Natronverbindungen. Sie müssen ihren Weg entweder durch die Zotten in die Lymphgefässe oder direct in die Capillargefässe und Venen nehmen. Auf letzterm Wege würden sie wieder zurück in die Leber wandern, weil die Darmgefässe in die vena portarum münden. Ein solcher kurzer Kreislauf aus der Leber wieder zurück in die Leber ist jedoch nicht wahrscheinlich.

363. So sicher der Schluss ist, dass die gallensauren Natronverbindungen ins Blut kommen müssen, so war man nicht im Stande, dieselben im Blute nach den gewöhnlichen Methoden aufzufinden. 40 Pfd. Ochsenblut wurden mit Zusatz von Gyps gekocht und die filtrirte Flüssigkeit im Wasserbade getrocknet. Diese braune, etwas klebrige, unangenehm (ähnlich den Ausleerungen von Ruhrkranken) riechende Masse war löslich in Wasser, brauste mit Säuren, reagirte gegen die Pettenkofersche Probe jedoch nicht auf Gallensäuren. [1]) — Es ist daher wahrscheinlich, dass dieselben im Blute sich rasch verwandeln.

364. 3) Wird Galle auf Nerven oder Muskeln gebracht, so entstehen, wie ich [2]) zuerst gefunden und neuerdings Kühne [3]) bestätigt hat, Zuckungen. Bringt man auf die Schenkelnerven eines Frosches, dem das ganze Rückenmark zerstört ist, etwas Froschgalle, so entstehen oft schon nach fünf Secunden, oft erst nach mehren Minuten Zuckungen in den Schenkelmuskeln, welche bald hier, bald dort blitzähnlich dieselben durchfahren, was eine Zeitlang anhält. Je frischer und reizbarer der Frosch ist, desto schneller und deutlicher ist die Wirkung. — Bringt man etwas Galle auf einen Muskel des Schenkels, so entstehen augenblicklich durchfahrende Zuckungen und ein starkes Zusammenschrumpfen. Wird der Muskel vorher eingeschnitten, so hebt er sich in Folge der Reizung ganz in die Höhe.

---

1) Budge in Froriep's Tagesber. 1852, No. 285.
2) Budge ebend. No. 475, p. 343.
3) Kühne in Müller's Archiv 1859, p. 533.

Digitized by Google

Wendet man die nach der Angabe von Kemp (1843) bereitete Gallensäure an, welche ich aus dem Liebig'schen Laboratorium erhalten hatte, und bestreicht mit dieser harzigen, weissen Masse die Schenkelnerven, so vergehen oft nicht 20 Secunden, ohne dass Zittern entsteht, welches immer mehr und mehr zunimmt und endlich in vollständigen Tetanus übergeht (Budge l. c., p. 343). — Hingegen wurde mit völlig reiner Glycochol- oder Taurocholsäure eine solche Wirkung nicht erzielt. Wird anstatt der Froschgalle die sehr wasserreiche Kaninchengalle angewandt, so entsteht selten Erfolg. — Schiff [1]) sah durch Galle die Darmzotten, die Speiseröhre und das Herz sich contrahiren.

365. Da die reinen Gallensäuren nicht auf Muskeln und Nerven zu wirken scheinen, so ist zu vermuthen, dass durch das Natron, welches damit verbunden und auch sonst reichlich in der Galle vertreten ist, die Reizung verursacht wird.

366. 4) Man hat ferner gefunden, dass durch Galle die Absorption des Fettes befördert wird (Bidder und Schmidt, Schellbach, Wistinghausen). Schon ältere Forscher (Brodie, Tiedemann) haben beobachtet, dass die Fettaufnahme durch die Lymphgefässe des Darmes nach Absperrung der Galle geringer wird und obwohl diese Gefässe nicht ganz fettlosen Inhalt führen (Magendie, [2]) Lenz, [3]) so ist das Fett doch beträchtlich vermindert. Im Inhalte des ductus thoracicus eines gesunden Hundes fanden Bidder und Schmidt (p. 226) 32 Fett in 1000 Theilen, bei Hunden mit Gallenfisteln etwa 2. — Wenn operirte Thiere Fett in ihrer Nahrung erhielten, so ging ein weit grösserer Theil davon durch den Darmkoth ab, als bei gesunden. — Hieraus folgt, dass die Aufnahme des Fettes vermittelst der Zotten durch die Galle begünstigt wird. Bidder und Schmidt (l. c., p. 231) geben folgende Erklärung dieser Erscheinung: „Nimmt man zwei gleich weite gläserne Capillarröhren, treibt durch eine derselben einen Strom frischer Galle und taucht beide in Öl, so steigt letzteres in dem mit Galle benetzten Röhrchen ungleich höher, als in dem trocknen oder mit reinem Wasser oder Salzwasser befeuchteten. Was aber die Galle in dem Verhältniss des Glases zum Fett zu ändern vermag, das dürfte sie wohl auch

---

1) Schiff in Longet Phys. I. 2, p. 251. — Mit Unrecht wird dort angegeben, dass die Beobachtung über die Wirkung der Galle auf die Muskelfaser zuerst von Schiff herrühre, wie aus der Vergleichung des daselbst angegebenen Citats (Archiv für phys. Heilk. IX, 60) deutlich hervorgeht.

2) Magendie, phys. Par. 1825. II, 117.

3) Lenz, de adip. concoct. et abs. Dorp. 1850.

Digitized by Google

für die zwischen feuchter thierischer Membran und Fett herzustellende Anziehung leisten können".

Ob jedoch die wesentliche Wirkung, welche die Galle auf die Ernährung ausübt, allein darin besteht, dass die Fette durch dieselbe mehr resorptionsfähig werden, bedarf noch weiterer Untersuchungen.

367. 5) Durch die Galle wird die Säure des Magensaftes neutralisirt. Man findet diese Wirkung an frischgeschlachteten Thieren, deren Magen und Duodenum man aufschneidet, mitunter in frappanter Weise, wenn man Lackmuspapier auflegt: — im Magen starke Röthung, im Duodenum oft nur geringe Spur, selbst keine. Das Natron der Gallensäuren tritt an die Salzsäure des Magensaftes.

368. 6) Hingegen ist es nicht constatirt, was früher oft behauptet wurde, dass Galle Proteinsubstanzen auflöse oder Stärke umwandle. Auch hindert die Galle die Zuckerbildung durch Speichel nicht. Bidder und Schmidt beobachteten (p. 222), dass bei einem mit Schwarzbrod acht Tage hindurch gefütterten, mit einer Gallenfistel versehenen Hunde in dem Kothe kein Amylon sich vorfand. Eine Mischung von Speichel mit Galle fand ich vollständig zur Umwandlung von Amylon geeignet. — Neutrale Fette werden durch die Galle nicht verändert; hingegen die Fettsäuren durch das in ihr enthaltene Natron neutralisirt. Der grösste Theil des Fettes, welches von den Zotten aufgenommen wird, ist indess neutrales.

369. Wie bei allen Secretionen kommen auch bei der Secretion der Galle in Betracht 1) das drüsige Organ, 2) das Blut, 3) die Nerven. *5) Bedingungen der Gallenabsonderung. 369—376.*

370. 1) Man nimmt an, dass die Galle innerhalb der Leberzellen bereitet wird, obwohl ein strieter Beweis nicht gegeben ist. Die Gründe dazu sind folgende: 1) Wird Fröschen die Leber exstirpirt, so finden sich im Blute die Gallensäuren nicht vor (I. Müller, Kühne, [1]) Moleschott [2]). Daraus könnte man schliessen, dass sie in der Leber entstehen müssten. Indess ist dabei zu bedenken, dass die Gallensäuren aus dem Darme sicher ins Blut zurückgeführt werden und dennoch auch in grossen Blutmassen (s. o. No. 363) sich nicht wieder entdecken lassen. Andererseits ist es unwahrscheinlich, dass dieselben im Blute bereitet werden sollen, um in die Leber zu wandern, und von da wieder ins Blut zurückzukehren. 2) Leberzellen mit Schwefelsäure und Zucker behandelt, werden wie Galle roth gefärbt (Kölliker), indess färbt sich auch Eiweiss in ähnlicher Weise. — Nicht selten enthalten die Leberzellen grünliche oder gelbliche *1) Drüsen.*

1) Kühne, de hep. ran. exstirp. Ber. 1850.
2) Moleschott in Arch. für phys. Heilk. XI, 479.

Digitized by Google

Zellen, welche den Körnchen gleichen, die in der Galle vorkommen.

371. Welches die bewegenden Kräfte sind, durch welche die in der Leber ausgeschiedene Galle in den Dünndarm entleert wird, ist durchaus nicht vollständig aufgehellt. Die grössern Gallengänge, sowie die Gallenblase sind beweglich, sie ziehen sich durch Reize zusammen, wie ich und Andere beobachtet haben. Sie enthalten, wenn auch wenige Muskelfasern. So lange keine Stoffe in das duodenum gelangen, ist aber die Bewegung gering oder gar nicht vorhanden. Erst dann fliesst Galle aus den Fistelöffnungen reichlicher, wenn die Magenverdauung im Gange ist und erreicht ihren Höhepunkt, wenn jene zu Ende geht. — Der Zusammenhang beider Erscheinungen, welcher wahrscheinlich in den Nerven zu suchen ist, bedarf aber noch der Aufklärung. — Eben so wenig ist ermittelt, durch welche Kräfte die Galle in die Gallengänge gelangt.

372. Manche Beobachter [1]) sind der Ansicht, dass die Galle nur zerfallene Leberzellen seien, welche sich allmählig auflösen. Jedoch ist hierfür kein bestimmter Beweis geliefert. Man müsste in der Galle dann sehr oft Reste von Zellen finden, was nicht der Fall ist. Auch findet, wie mit Recht Kühne [2]) angibt, keine Auflösung der Zellen durch Galle Statt, was von Dusch [3]) behauptet wurde. Ich habe selbst Untersuchungen angestellt und nur ein Blässerwerden der Zellen, aber keine wirkliche Auflösung beobachtet.

2) Blut. 373. 2) Dass im normalen Zustande das Pfortaderblut die Quelle für die Gallenbereitung abgibt, kann kaum bezweifelt werden, weil durch sie nicht nur das meiste Blut zur Leber gelangt, sondern auch, weil es höchst wahrscheinlich ist, dass die eigenthümliche Absonderung der Galle auch ein eigenthümlich gemischtes Blut bedarf. Das ist aber, wie unten noch gezeigt wird, wirklich mit dem Pfortaderblut der Fall, in welches Stoffe aus dem Darme, dem Magen, der Milz übergehen können, während das Blut der a. hepatica nicht von dem andern Arterienblute verschieden sein kann. — Nach Unterbindung der a. hepatica wollen Malpighi [4]) und Simon [5]) die Gallenabsonderung noch fortbestehen gesehen haben.

374. Man hat jedoch Fälle bei Menschen beobachtet, in welchen die vena portarum anstatt in die Leber, in die vena cava inferior

---

1) Vgl. Will, über Absonderung der Galle. — Wharton Jones in Phil. Transact. 1848.

2) Kühne in Virchows Archiv XIV, 335.

3) v. Dusch in Unters. zur Pathogenese des Icterus. Leipzig 1854, p. 36.

4) Malpighi, de viscerum struct. Lond. 1669, p. 153.

5) Simon in Journ. des progr. des sc. 1828, VII, 215.

Digitized by Google

überging, [1]) und dennoch Galle abgesondert worden ist. Es scheinen mir dieselben so erklärt werden zu müssen, dass diejenigen Blutbestandtheile, aus denen in der Leber Galle bereitet wird, immerhin ins Blut gelangen und nur auf Umwegen der Leber zugeführt werden.

375. Unterbindungen der vena portarum wurden mehrmals versucht. Simon, der sie an Tauben anstellte, sah eine vollständige Hemmung der Gallensecretion, Philipps [2]) nur eine Abnahme, Oré [3]) bewirkte künstliche Obliterationen der vena portarum, nach welchen die Absonderung nicht aufhörte. — Bernard [4]) führt an, dass nach Unterbindung der vena portarum grosse Schwäche eintrete, die Gedärme schwarz und mit Blut überfüllt seien, blutige Diarrhöe entstehe und rascher Tod folge.

376. 3) Vom Einflusse der Nerven auf die Gallensecretion sind auf exactem Wege noch keine Beobachtungen gemacht worden. Bekanntlich spielen aber im täglichen Leben und in ärztlichen Schriften Gemüthsaffecte eine wichtige Rolle unter den Veranlassungen zu Störungen der Gallensecretion. 3) Nerven.

3) Zuckerbildung in der Leber. 377—387.

377. Zerreibt man eine frische, in feine Stücke geschnittene Leber eines gesunden Thieres unter Zusatz des doppelten Gewichts von Wasser, bringt diesen Brei zur Siedehitze, erhält ihn unter stetem Umrühren einige Minuten in derselben und drückt ihn dann durch Leinwand, so erhält man eine gelbliche Flüssigkeit. Versetzt man dieselbe in einem Kölbchen mit Bierhefe, so entwickelt sich bei einer Temperatur von etwa 22—25° R. alsbald CO^2. Nach Aufhören der Gasentwickelung destillirt man die Flüssigkeit und fängt bloss das erste Drittheil des Übergehenden auf, mengt es mit Ätzkalk oder Kali und destillirt von Neuem, wodurch man concentrirten Alkohol erhält (Bernard [5]).

378. Ebenso kann man aus dem filtrirten Leberdecoct durch die Trommersche Probe (p. 143), sowie dadurch, dass dasselbe, nachdem

---

1) Vgl. Abernethy in Phil. Transact. 1793, LXXXIII, 59. — Lawrence in Lond. med. chirurg. Transact. V, 174. — Gintrac bei Bernard leçons 1859, II, 188.

2) Philipps in Lond. med. Gaz. XII, 421. 1833.

3) Oré in Compt. rend. XLIII, 463.

4) Bernard, l. c.

5) Bernard, Neue Function der Leber als zuckerbereitendes Organ; übers. von Schwarzenbach. Würzb. 1853, und Leçons de phys. exp. Paris 1855.

Digitized by Google

es geklärt ist, das polarisirte Licht nach Rechts ablenkt, den Traubenzucker nachweisen (Bernard).

379. Die Anwesenheit von Zucker in der Leber, welche von Cl. Bernard zuerst dargethan worden ist, veranlasst auch den meist süssen Geschmack der gekochten Leber. Daher kommt es auch, dass eine mit Wasser aufgestellte Leber, welche lange in der Wärme steht, zu gähren anfängt, dann einen unangenehmen sauren Geruch (Milchsäure und Buttersäure) annimmt.

380. Der Zucker wird der Leber nicht etwa aus dem Zucker zugeführt, welcher in dem Darmcanale stets vorhanden und gewöhnlich aus stärkemehlhaltigen Substanzen entstanden ist, sondern er wird in der Leber bereitet. Denn 1) findet sich in dem in die Leber eintretenden Blute der vena portarum nur ein Minimum oder selbst gar kein Zucker (Bernard,[1]) Lehmann[2]). 2) Hingegen fehlt in dem durch die Lebervenen aus der Leber austretenden Blute niemals der Zucker. 3) Werden Thiere bloss mit Fleisch gefüttert, so dass also weder Zucker noch Amylon in den Körper kommt, so enthält dennoch die Leber Zucker (Bernard). 4) Im Blute von Fröschen, denen die Leber exstirpirt ist, findet sich kein Zucker (Moleschott[3]).

381. Zu den Veranlassungen, welche die Zuckerbildung vermindern und beeinträchtigen, gehören: 1) Nahrungsentziehung, 2) Krankheiten, welche auf die Verdauung einwirken. Jedoch fand sich noch Zucker in Lebern, welche vollständig mit Entozoen erfüllt und krebsig entartet waren (Bernard). — Die Zuckermenge vermehrt sich nicht durch stärkemehlhaltige Nahrungsmittel. Cl. Bernard[4]) fand z. B. folgende Zuckermengen in der Leber von Hunden:

1.	Fleischnahrung	1,90%
2.	Fleischnahrung	1,40%
3.	Fleisch und Brod	1,70%
4.	desgleichen	1,30%
5.	desgleichen	1,30%
6.	3tägige ausschliessliche Fütterung mit Amylum und Zucker	1,88%
7.	6tägige Fütterung mit denselben Stoffen	1,50%.

382. Über die Menge von Zucker, welche in der Leber vorher gesunder Menschen und Thiere von Bernard gefunden wurde, gibt folgende Zusammenstellung Aufschluss:

---

1) Bernard in Arch. gén. XVIII, 303.
2) Lehmann in Ber. der sächs. Ges. III, 1850, p. 139 u. V, 1855, p. 106.
3) Moleschott in Arch. für phys. Heilk. XI, 479.
4) Bernard, Neue Function der Leber. Würzburg 1853, p. 70.

Digitized by Google

	Lebergewicht in Grammen.	Zuckermenge der ganzen Leber.	Zucker auf 100 Grm. Leber.	Bemerkungen.
Mensch	1300	23,270	1,790	24 Stunden nach der
„	1200	25,704	2,142	Enthauptung.
„	1575	17,100	1,100	Zwei Tage nach dem Tode eines Erschossenen.
Hund	429	8,150	1,90	
„	635	7,255	1,30	
Katze	60,5	1,550	2,09	
„	140	1,600	1,14	
Eichhörnchen . . .	9	3,660	0,33	Junge Thiere.
	48	1,640	0,79	
Kaninchen	60	1,500	0,90	Erwachsen.
	104	2,030	1,95	
	89	2,350	2,66	
Meerschweinchen . .	40	1,70	0,68	
Pferd	2500	102	4,08	
Schaf	650	11,37	1,75	
„	620	13,2	2,10	
Ochs	5000	162,5	3,25	
Milchkuh	4000	40,00	1,00	

383. Im normalen Zustande ist im Blute Zucker nicht mehr oder in sehr kleinen Mengen nachweisbar. Er schwindet so rasch, dass er schon im rechten Herzen fast nicht mehr vorhanden ist. Wenn hingegen gewisse Stellen des Centralnervensystems verletzt werden, so häuft sich der Zucker im Blute an, geht in den Urin über und man kann künstlich bei Thieren eine sogenannte Zuckerharnruhr, diabetes, wie sie bei Menschen als Krankheit vorkommt, erzeugen. Bernard hat die Entdeckung gemacht, dass eine Verletzung in der Gegend der vierten Hirnhöhle Blut und Urin zuckerhaltig machen.

384. Man wählt Kaninchen zur Anstellung dieses Versuchs. Zuerst wird durch Druck auf die Blase durch die unversehrten Bauchdecken hindurch Urin entleert und aus einer geöffneten vena jugularis ein Löffel voll Blut abgelassen. Beide Flüssigkeiten werden mit der Trommerschen Probe auf Zucker geprüft, um sich zu überzeugen, dass derselbe nicht vorhanden ist. Sodann entblösst man durch einen Längsschnitt das Hinterhauptsbein. Man findet hier hinter einander drei kleine Höcker, von denen der hintere die protuberantia occipitalis externa, der mittlere und vordere die Grenzen des grossen os interparietale (os wormianum) sind. Zwischen den beiden letztgenannten durchbohrt man mit einem Troikart den Schä-

Digitized by Google

delknochen und führt eine Nadel ein, welche 4mm von der Spitze auf beiden Seiten mit kleinen, 3/4mm breiten, scharfen Flügeln versehen ist oder im Nothfalle einen plattgeschlagenen Draht. Die Flügel der Nadel sind nach beiden Seiten gerichtet. Die Nadel wird ungefähr unter einem Winkel von 45° oder in einer Richtung eingestochen, als ob man eine Linie treffen wollte, welche man sich unmittelbar vor den Ohren beider Seiten gezogen denkt. Der Einstich muss den Knochen erreichen. Das Thier wird in einen Kasten gelegt und nach zwei bis drei Stunden werden Urin und Blut wieder entleert. Der Urin hat den alkalischen, unangenehmen Geruch verloren, reagirt sauer und zeigt, mit der Trommerschen Probe untersucht, Zucker; ebenso das Blut.

385. Nach Uhle's [1]) und Schrader's [2]) Untersuchungen liegt diese Stelle nicht am Ursprunge der n. vagi, sondern oberhalb der Ursprungsstelle und ist etwa 4mm lang und ebenso breit. — Mit Recht bemerkt v. Becker, [3]) dass auch der hintere Theil der Brücke einen gleichen Einfluss äussere, und sagt, dass nothwendig die zwischen der Brücke und den crura cerebelli ad pontem liegenden Querfasern getroffen werden müssten, wenn der Stich (Piqûre) von Erfolg sein sollte. — Nach Schiff [4]) soll auch diabetes eintreten, wenn die vordere Hälfte des Rückenmarks zerstört wird.

386. Kühne [5]) und Schiff [6]) haben gefunden, dass auch bei Fröschen Zucker im Urin sich bildet, wenn das verlängerte Mark (durch Einbohren einer starken Nadel in die hintere Gegend des Atlas) angestochen wird; und nach letzterm soll auch Verletzen des Rückenmarks bis zum dritten Wirbel diese Folge haben.

387. Die Zuckerbildung in der Leber ist dadurch möglich, dass ein amylumartiger Körper und ein Ferment in diesem Organe zusammentreten. Nach Bernard und Schiff ist es wahrscheinlich, dass dieselbe durch Hyperämie der Leber vermehrt, und dass durch Verletzung mancher Nerventheile eine solche Hyperämie bedingt werde. [7]) Nach Durchschneidung der n. splanchnici (v. Gräfe, Hen-

---

1) Uhle, exper. de sacchar. in urinam aliquamdiu traseunte. Diss. Lips. 1852.
2) Schrader in Gött. Nachr. 1852, No. 4, p. 49.
3) v. Becker in Zeitschr. für wiss. Zool. V, 1854, p. 171.
4) Schiff, Unters. über die Zuckerbildung in der Leber. Würzb. 1859.
5) Kühne, Ueber künstl. Diabetes bei Fröschen. Dissert. Gött. 1856, und Gött. Nachr. 1856, p. 217.
6) Schiff in Gött. Nachr. 1856, p. 243.
7) Dass der Leberzucker nicht in der Leber bereitet würde, sondern aus dem Blute käme, behauptete Figuier (Compt. r. 1855, 29. Janv., 26. Mars, 27. Août, 8. Oct.), Longet (Gaz. de Paris 1855. 6), Stockvis; dass er sich nach dem Tode bilde: Pary (Philos. Magaz. XVII, 142. Erdmann Journ. LXVII, 354).

Digitized by Google

sen), sowie des Halsmarks (Bernard) sollen die Gefässe der Leber erweitert werden und Zucker im Urin vorkommen.

IV. Verdauungserscheinungen durch Einwirkung des Bauchspeichels.

388. Das etwa 5—7 Loth schwere Pancreas gleicht zwar in seinem Baue den Speicheldrüsen des Mundes vollkommen, sondert jedoch einen Saft ab, der sich von der Mundflüssigkeit und dem Speichel in vielen Eigenschaften unterscheidet.

Von Bestandtheilen des Pancreas kennt man Leucin (Virchow), Xanthin, Guanin (Scherer [1]).

a) Gewinnung des pancreatischen Saftes.

389. Man gewinnt den pancreatischen Saft aus künstlich angelegten Fisteln (Tiedemann und Gmelin, Leuret und Lassaigne, Bernard, Frerichs, Bidder und Schmidt, Lenz, Weinmann u. A. [2]). Die Operation wird bei Hunden auf folgende Weise verrichtet: Durch einen oberhalb des Nabels in der linea alba geführten Schnitt öffnet man die Bauchhöhle, zieht das duodenum aus der Wunde hervor und sucht den untern stärkeren pancreatischen Gang auf, wo er sich in den Darm einsenkt, öffnet ihn, legt eine silberne, etwa 10—12^{cm} lange und 5^{mm} dicke Röhre ein und befestigt dieselbe durch eine Ligatur an demselben, bringt das duodenum in die Bauchhöhle zurück und schliesst die Wunde, aus der das Röhrenende hervorsteht, an welches man eine kleine Kautschukflasche befestigt.

b) Eigenschaften des pancreatischen Saftes.

390. Der pancreatische Saft hat ein spec. Gewicht von 1,010 bis 1,011, ist vollkommen klar, wasserhell, klebrig, reagirt stark alkalisch, gerinnt bei 72° C., durch Alkohol von 85%, ferner durch mineralische Säuren, Chlor, Brom, Jod. Der durch Alkohol entstandene Niederschlag löst sich in Wasser und Alkalien wieder auf.

391. Der pancreatische Saft wandelt sehr rasch die Stärke in Dextrin und Traubenzucker um; ebenso die wässerige Lösung des durch Alkohol erhaltenen Niederschlags, sowie auch der aus der Drüse ausgepresste und mit Wasser behandelte Inhalt. — Die diasta-

---

1) Man vgl. Virchow in dessen Archiv VIII, 354. — Wolff, ebend. X, 228. — Gorup-Besanez in Ann. der Chemie XCVIII, 1. — Scherer, ebend. CXII. 1859, p. 257.

2) Tiedemann und Gmelin, Verdauung nach Vers. I, 28. — Leuret und Lassaigne, Rech. phys. et chim. pour serv. à l'hist. de la digest. Par. 1825, p. 104. — Bernard in Arch. gén. XIX, 4. Sér., und Leçons. Par. 1856, T. II. — Frerichs, Verdauung in Wagner's Handw. III, 844. — Bidder u. Schmidt, Verdauungss., p. 241. — Lenz in Ann. der Chem. LXXIX, 328. — Weinmann in Zeitschr. für rat. Med. III, 247.

Digitized by Google

tische Eigenschaft verhält sich im Allgemeinen, wie die des Mundspeichels. [1])

c) Chemische Bestandtheile des pancreatischen Saftes.

392. 1000 Theile Pancreassaft enthielten nach Bidder und Schmidt:

Wasser	900,76
bei 120° nicht flüchtige Stoffe	99,24
organische Substanzen . . .	90,38
unorganische „ . . .	8,86

Chlor	4,47	Schwefelsaures Kali . .	0,02
Schwefelsäure	0,06	„ Natron .	0,10
Phosphorsäure	0,24	Chlornatrium	7,36
Kalium	0,01	Phosphorsaures Natron .	0,45
Natrium	3,32	Natron	0,32
O der Alkalien . . .	0,15	Kalk	0,22
Kalk	0,22	Magnesia	0,05
Magnesia	0,05	Eisenoxyd	0,02
Eisenoxyd	0,02		

d) Absonderungsgrösse.

393. Die austretende Flüssigkeit ist zur Zeit der Verdauung stets beträchtlicher, wie auch die Drüse selbst ein paar Stunden nach der Mahlzeit turgescirend, rothblau, sonst aber bleich ist.

394. Die Menge wird verschieden angegeben. — Ein Hund von Frerichs lieferte in 25 Minuten 3 Grm., von Bernard in 1 Stunde 8 Grm., ein 20 Kilo schwerer Hund von Bidder und Schmidt in 8¼ Stunden 7,860 Grm. Nach einer annähernden Schätzung nehmen die Letzteren an, dass ein erwachsener Mann von 64 Kilo in 24 Stunden ungefähr 150 Grm. pancreatischen Saftes (mit 15 Grm. fester Substanz) entleere.

e) Functionen des pancreatischen Saftes.

395. Von den Verrichtungen des pancreatischen Saftes ist 1) eine der wichtigsten, dass er, mit neutralem Fett geschüttelt, dasselbe in die feinsten Körnchen zertheilt, es zur Emulsion macht (Bernard). Da nun aber das Fett aus dem Darmcanale in die Lymphgefässe vermittelst der Zotten nur in diesem Zustande übergeht (Haller), so erklärt sich die grosse Wichtigkeit des pancreatischen Saftes.

396. Es ist zwar richtig, dass auch andere Flüssigkeiten, besonders Galle, eine emulsive Eigenschaft besitzen (Lenz, Bidder und Schmidt), jedoch trennen sich die Bestandtheile dann viel leichter.

397. Deshalb ist selbst nach völliger Ausschliessung des pancreatischen Saftes (Colin) und Exstirpation des Pancreas (Colin, Ber-

---

1) Vgl. Bouchardat und Sandras Compt. r. XX. 1845, p. 1088.

Digitized by Google

nard, Schiff[1]) ein Fettübergang in die Lymphgefässe des Darmes möglich. So fand Colin bei Rindern in dem Inhalte des ductus thoracicus noch reichlich Fett, nachdem eine Fistel des pancreatischen Ganges den Saft vollständig nach Aussen führte. — Vögel blieben noch einen Monat nach Exstirpation des Pancreas am Leben.

398. Übereinstimmend damit ist es, dass nach Unterbindung der Ausführungsgänge bei Thieren, und schon oberhalb der Einmündung der Gänge, weisser, fettreicher Saft in den Lymphgefässen sich findet.

399. Der pancreatische Saft kann also in seinen Verrichtungen von andern Organen ersetzt werden, wie dies auch vom Speichel und von der Galle gilt, ohne dass deshalb der grosse Einfluss desselben auf die Emulsirung des Fettes zu bestreiten ist.

400. 2) Ausserdem zerlegt derselbe auch die neutralen Fette in Base und Säure. So entsteht z. B. in neutraler Butter nach wenigen Stunden Buttersäure, erkenntlich durch Geruch und saure Reaction. Hingegen wird diese Zerlegung durch jede Säure und auch durch diejenige des Magensaftes gehindert. Sie wird also unter normalen Verhältnissen nicht eintreten. Ob aber nicht pathologische Momente eintreten können, welche die Buttersäurebildung auf diesem Wege begünstigen, ist der Untersuchung um so mehr werth, als die stark reizenden Wirkungen der Buttersäure bekannt sind (Schlossberger und Griesinger).

401. 3) Einige Forscher behaupten, dass der pancreatische Saft das Vermögen habe, Proteinsubstanzen aufzulösen.[2]) Namentlich beobachtete Corvisart, wenn er bei Thieren den Magen unterbunden und in das geöffnete duodenum Eiweiss eingebracht hatte, eine alkalische Flüssigkeit ergossen und bis $^2/_3$ des Eiweisses gelöst. — Auch vom Aufguss des pancreas fand er gleiche Wirkung. Entschieden negative Resultate hatten früher Frerichs, neuerdings Keferstein und Hallwachs erhalten. Funke hingegen und Meissner bestätigten Corvisart's Angaben, letzterer jedoch nur dann, wenn die Verdauungsflüssigkeit angesäuert war.

402. 4) Von der diastatischen Wirkung des pancreatischen Saftes war schon § 391 die Rede.

---

1) Vgl. Gaz. méd. 1857. 17, 30, 32. — Moleschott's Unters. II, 345.

2) Vgl. über diesen Gegenstand: Bernard, Leçons de physiol. expérim. Paris 1856, III, 431 — Corvisart C. r. XLIV, 720, und sur une fonct. pen connue du pancréas. Par. 1857, und in Nachrichten der Gött. Univ. 1859, No. 6. — Frerichs in Wagner's Handwörterb. IIIa. 846. — Keferstein und Hallwachs in Gött. Nachricht. 1858, No. 14. — Funke in Schmidt's Jahrb. CI, 31. — Meissner in Zeitschr. für rat. Medicin 1859 VII, 1. — Brinton in Dublin Journ. 1859, Aug., p. 194. Huppert in Schmidt's Jahrb. CI, 154; CII, 244.

Digitized by Google

V. Verdauungserscheinungen im Dünndarm.

Allgemeines. 403. Der Dünndarm stellt 1) einen Behälter verschiedener Stoffe dar; 2) wird in ihm eine Flüssigkeit, der Darmsaft (succus entericus) und Schleim abgesondert; 3) ist derselbe zur Filtration verschiedener Flüssigkeiten bestimmt; 4) endlich ist er bewegungsfähig.

1) Inhalt des Dünndarms. 405—411.

Inhalt. 404. Bei frischen Leichen Verunglückter findet sich in dem Dünndarm beim Aufschneiden eine mehr oder weniger dünnflüssige, meist gelb gefärbte Flüssigkeit, welche fein zertheilte Reste von Nahrungsstoffen mit sich führt und mehr oder weniger schleimig ist. An der Wandung hängt gewöhnlich Schleim an; ebenso ist es auch bei frisch geschlachteten Thieren.

405. Die Menge des Inhalts ist ausserordentlich verschieden. 5—6 Stunden nach der Mahlzeit soll sie nach Bidder und Schmidt am grössten sein. Manchmal sah ich die Flüssigkeit reichlich nach der Eröffnung herausfliessen, in andern Fällen waren kaum wenige Tropfen zu gewinnen.

406. Die Reaction der Innenfläche der Schleimhaut fand ich bei zwei Selbstmördern sauer bis zum Coecum. Bei frisch geschlachteten Thieren ist dies keineswegs immer der Fall, vielmehr reagirt die innere Darmfläche durchweg neutral oder doch ihr unterer Theil.[1]) Es ist höchst wahrscheinlich, dass die saure Reaction meistens von Milchsäure herrührt.

407. In der Regel sind in dem Inhalte Proteinsubstanzen, Peptone, Traubenzucker, Fett; nach Genuss vieler stärkemehlhaltiger Nahrungsmittel auch Amylum enthalten. Hieraus geht hervor, dass nicht alle Nahrungsmittel vom Magensafte gelöst werden, sondern ein Theil noch in den Darm übergeht. Aus einer Darmfistel eines Menschen kamen nach Busch[2]) noch viele unverdaute Substanzen hervor.

Darmgase. 408. Die Gase im Dünndarme enthalten:

	beim Menschen.		beim Pferde.	
	I.	II.	I.	II.
CO^2	24,39	40,0	18,83	41,78
N	20,08	8,85	73,35	
H	55,53	51,15		0,02

1) Vgl. Tiedemann und Gmelin, Verdauung I, 349. — Bouchardat und Sandras, C. r. XVIII, 237.

2) Busch in Virchow's Archiv XIV, 140. 1858.

Digitized by Google

	Beim Menschen		Beim Pferde.	
	I.	II.	I.	II.
O	0	0	5,76	48,70
CH^2			0,45	4,98
HS			1,61	4,52
	Magendie und Chevreul [1]).		Valentin [2])	

Man sieht aus diesen Angaben die grosse Verschiedenheit in der Qualität und Quantität der Gase. — Magendie bemerkt ausdrücklich, nie ein anderes Gas als die oben angegebenen im dünnen Darme bemerkt zu haben.

409. Über die Ursache des Entstehens der Gase s. oben bei Magenverdauung, § 265. Gase aus dem Magen können in den Darm übergehen, wie man dies bei Menschen, welche an Flatulenz leiden, oft genug constatiren kann, dass unter Kollern die Aufblähung des Magens sich verliert und im Darme zuweilen Schmerzgefühl sich einstellt. Indess wird meistens die Magenluft durch Aufstossen entleert. — Beachtenswerth, wenn auch nicht vollständig aufgeklärt, ist der Einfluss des Nervensystems auf Gasentwickelung im Dünn- und Dickdarm. Schon die Erfahrung, dass durch deprimirende Gemüthsaffecte in der kürzesten Zeit Tympanitis entstehen kann, weist auf einen solchen Ursprung hin. Bei reizbaren Menschen, die zu Gasansammlungen im Magen geneigt sind, entsteht nicht selten anhaltendes Aufstossen und Kollern im Leibe, wenn sie in Trauer oder Angst gerathen und zwar ganz plötzlich. Ich habe bei Kaninchen nach Exstirpation der Bauchganglien eine ungeheure Ausdehnung der Gedärme durch Luft häufig genug beobachtet.

Dass im Dünndarme der Wasserstoff so bedeutend zugenommen hat, rührt vielleicht aus der sich bildenden Buttersäure her, welche ein Zersetzungsproduct der Milchsäure ist. Bei ihrer Entstehung bildet sich Kohlensäure und Wasserstoff, s. p. 130. — Der Wasserstoff kann sich auch mit dem Schwefel, welchen die sich zersetzenden Proteinstoffe und die Galle liefern, zu Schwefelwasserstoff verbinden. — Wenn man bedenkt, dass Speichel, welcher eine Schwefelcyanverbindung (p. 141) enthält und Blut u. s. w., bei Körpertemperatur einen Tag lang hingestellt, sehr stark nach Schwefelwasserstoff riechen, so fällt es nicht auf, dass, je weiter in dem Darminhalte die Zersetzung vorgeschritten ist, oder je rascher dieselbe vor sich geht, desto leichter sich Gasarten überhaupt und Schwefelwasserstoff

1) Magendie, Grundr. der Phys.; übers. von Heusinger II, 100.
2) Valentin in Archiv für phys. Heilk. XIII, 356.

Digitized by Google

im Besondern entwickeln. Auch Kohlenwasserstoff (CH^2) ist ein Zersetzungs- resp. Fäulnissproduct.

Kothgeruch. 410. Der Geruch des Dünndarminhaltes ist schon am Ende des Ileum kothig.

2) Darmsaft. 412—414.

Darmsaft. 1) Gewinnung. 411. Den Darmsaft rein zu erhalten ist deshalb sehr schwierig, weil Galle und pancreatischer Saft, sowie der Mageninhalt damit gemischt sind. Durch Unterbindung von Darmschlingen (Frerichs) muss nothwendig wegen der entstehenden Transsudation die Reinheit der Flüssigkeit beeinträchtigt werden.

2) Eigenschaften. 412. Die aus Darmfisteln gewonnene Flüssigkeit reagirt alkalisch und hat die Fähigkeit Proteinsubstanzen zu lösen. Zander hielt durch Korkstöpsel, welche in den Darm gebracht waren, den Magensaft zurück, so wie durch Unterbindung der Ausführungsgänge Galle und pancreatischen Saft. Zunächst am pylorus war die Verdauung am stärksten. Auch auf indirectem Wege lässt sich die Verdauungsfähigkeit des Darminhaltes dadurch wahrscheinlich machen, dass sich im Dünndarm noch viel mehr ungelöste Proteinsubstanzen befinden, als im Kothe. [1])

Absondernde Drüsen. 413. Die Quelle der Darmsecretion bilden die traubenförmigen glandulae Brunnerianae ($^1/_{10}$—$1'''$), welche um das Ende der Pylorusklappe herumstehen, und sich in geringerer Menge gewöhnlich nicht weiter als bis zum obern Drittel des duodenum erstrecken. Viel zahlreicher sind die eigentlichen Schleim- oder Lieberkühn'schen Drüsen $^1/_6$—$1'''$ lang (sie sind am grössten auf der Mastdarmschleimhaut und hier am leichtesten zu untersuchen) — es sind einfache, schlauchförmige Drüschen.

3) Filtration. 415—426.

Übertrittswege des flüssigen Darminhalts ins Blut. 414. Aus dem Inhalte des Dünndarms gehen Stoffe auf zwei Wegen zu den Gefässen hin; nämlich 1) direct durch die Wandungen der Capillargefässe und Venen, und 2) indirect durch die Zotten, kleine, jedoch mit blossen Augen, besonders unter Wasser, deutlich sichtbare Fädchen, welche in zahlreicher Menge (Krause schätzt sie auf 4 Millionen) auf der Innenfläche der Dünndarmschleimhaut stehen.

Vergrösserung der Oberfläche. 415. Die Fläche der Schleimhaut ist durch die vielen Querfalten (valvulae conniventes Kerckringii) so beträchtlich vergrössert, dass man annehmen kann, der Quadratdurchmesser des Dünndarms sei

---

1) Vgl. Zander, de succ. enter. Mitav. 1851. — Müller und Kölliker in Würzb. Verhandl. VI, 509. — Funke, Phys.

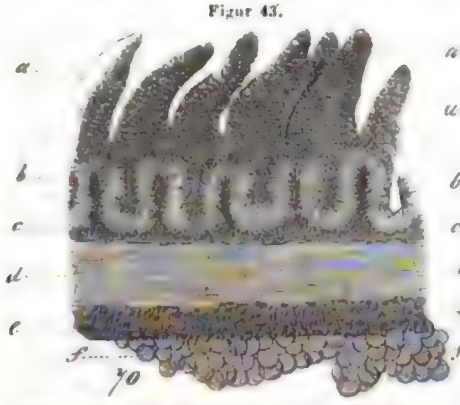
Digitized by Google

durch diese Falten um $^2/_3$ vergrössert. Hierdurch wird natürlich die Filtration eine viel vollständigere.

416. Über die Art des Übergangs in die blutführenden Gefässe s. u. bei: Resorption; und über die Stoffe, welche aus dem Dünndarme durch die v. mesenterica superior in die v. portarum geführt werden, s. u. bei: Blut.

417. Die Zotten sind wesentlich zur Aufnahme des Fettes bestimmt. Es sind $^1/_5$—$^1/_2$''' lange Fädchen, welche der Schleimhautoberfläche des Dünndarms das Ansehen eines dichten Sammets geben; sie sind am zahlreichsten im duodenum und jejunum und nehmen von da aus ab; sie erscheinen unter dem Mikroskope (Fig. 43) wie hervorstehende Kegel, zwischen welchen in grosser Anzahl die Lieberkühn'schen Drüsen (*bb*) stehen. An ihnen verdienen besondere Berücksichtigung: a) ihr Epithelialüberzug, b) die Verbreitung der Fettkörnchen in ihnen, c) ihre Gefässe und endlich d) die Muskelfasern. Zotten.

Figur 43.



Epithelzellen der Zotten.

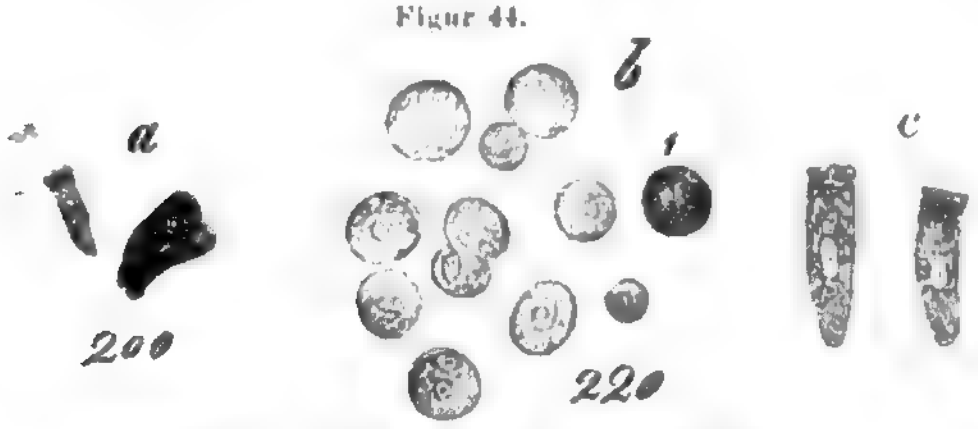
Durchschnitt durch die Wandungen des Dünndarms vom Hammel, 70 Mal vergrössert.
aaa Zotten; *bb* Lieberkuhn'sche Drüsen; *cc* Muskellage der Schleimhaut; *dd* Ringmuskeln des Dünndarms; *ee* Längsmuskeln; *f* Fett.

418. a) Epithelzellen. Die Lage der Epithelzellen macht einen dichten Überzug über die eigentlichen Zotten; dieselbe wird mitunter vollständig abgestossen. Ich habe unmittelbar nach der Enthauptung eines Verbrechers viele Zotten grossentheils ihres Epithels entblösst gesehen, ebenso bei Thieren. Hingegen nimmt Kölliker (Gewebel., p. 421) an, es sei im Leben sehr innig mit den tiefern Theilen verbunden und falle nur zufällig oder in Krankheiten ab, — was ich nicht für richtig halte. Die Epithelien sind im frischen Zustande, ohne Wasserzusatz cylindrisch (Fig. 44 *a*); durch Zusatz von Wasser nehmen dieselben eine runde Gestalt an, es erhebt sich ein deckelartiger Saum, welcher sich ablösen und demzufolge vielleicht der Epithelialinhalt sich entleeren kann. Eine jede Zelle zeigt in ihrem Innern einen, selten zwei Kerne, mit Kernkörperchen. Bei ganz jungen Kaninchen habe ich den Kern zuweilen ganz gelb gefärbt gesehen. Die leichte Umwandlung der Form durch Wasser beweist die grosse Nachgiebigkeit und Weichheit der Wände, so wie auch die leichte Durchdringungsfähigkeit von Wasser. Etwas Ähnliches beobachtet man an den länglichen Blutkörperchen der

Digitized by Google

Frösche; wo hingegen andere Cylinderepithelzellen, z. B. die des Magens, keineswegs so leicht ihre Form verändern. Ausser dem Kern und Kernkörperchen enthalten die Zottenepithelien kleinkörnige Masse und zur Zeit der Verdauung, besonders bei säugenden Thieren, oder

Figur 44.



Epithelien von Kaninchenzotten. *a* Cylinderform, 200 Mal vergrössert; *b* runde, durch Wasser verändert, 220 Mal vergrössert; *c* Zellen mit streifigem Rande nach Kölliker.

Figur 45.

Zottenepithel von der Fläche gesehen in einer Zelle zwei Kerne; 200 Mal vergrössert.

wenn Thiere absichtlich mit Fett gefüttert worden sind, eine grosse Menge von Fetttröpfchen (siehe Fig. 44 *1*). Hieraus geht hervor, dass auch Fett in fein zertheiltem Zustande in diese Epithelien eindringen kann; auf welche Weise dies jedoch geschieht, ist noch nicht ermittelt. Nach den Beobachtungen von Wistinghausen wird ein viel grösserer Druck erfordert, um Öl, als um Wasser durch thierische Membranen durchzutreiben. Brücke [1]) glaubte aus seinen Beobachtungen die Hypothese aufstellen zu können, dass jede Zelle einem Trichter gleiche, an einem Ende das Fett aufnehme und am andern es wieder an die Zotten abgebe. Diese Annahme beruht darauf, dass sehr häufig an dem breitern Theile der Zellen ein sehr heller Saum kugelförmig sich hervorwölbt und loslöst. Brücke glaubte, dass auf diesem Wege Stoffe in die Zelle eindringen könnten. Dieser Saum, welcher schon früher [2]) bekannt war, gehört der Wandung der Zelle an und bildet gewissermassen einen Deckel der Zelle, was auch bei andern Zellen beobachtet worden ist. In diesem Saume wurden von Kölliker und Funcke [3]) senkrechte Streifen (Fig. 44 *c*) beobachtet, welche jener für Porencanäle ansieht. Solche deckelartige verdickte Basalmembranen über Epidermiszellen mit Porencanälen wurden wiederholt bei Thieren beobachtet [4]) (J. Müller, Leuckart, Kölliker). An dem Epithel der Gallenblase erkannte Virchow

1) Brücke in Denkschr. der Wiener Akad. 1853. II.

2) Vgl. Henle, allg. Anat.

3) Kölliker, Verhandl. der Würzb. Ges. VI, 1855. — Funcke, Zeitschr. für wissensch. Zool. VII, 315.

4) Müller in Müller's Arch. 1854. — Leuckart, Würzb. Verh. VII, 143. — Kölliker, Würzb. Verh. VII, 37.

Digitized by Google

eine ähnliche Bildung. Ich habe sie zuweilen an dem Epithel der vordern Fläche der Hornhaut von Hunden gesehen.

Für die Brückesche Theorie schienen die Beobachtungen von Moleschott [1]) zu sprechen, nach welchen die runden Blutkörperchen von Säugethieren (Hammel) in den Magen von Fröschen gebracht, im Blute derselben wieder erkenntlich sein sollen, so wie dass feines Pigment, in Darmschlingen todter Thiere gebracht, in den Epithelzellen und den Zotten wieder aufgefunden würde. Ebenso die früheren analogen Beobachtungen von Österlen u. A., welche in dem Abschnitt über Resorption erwähnt werden. [2]) Jedoch lässt sich, selbst wenn alle diese Beobachtungen richtig sind, die Brücke'sche Annahme dadurch nicht als bewiesen ansehen.

Beachtenswerth ist für die Epithelien des Darms eine Reihe von Beobachtungen, welche in der neuern Zeit über fadenförmige Anhänge von Epithelzellen verschiedener Körpertheile gemacht worden sind (Billroth, [3]) Heidenhain [4]) u. A.). Hierdurch würde das Epithel in eine directe Verbindung mit dem Innern der Zotte treten, und wenn man, was nicht unwahrscheinlich ist, annimmt, dass diese Fäden feine, auslehnbare Canäle sind, so ist vielleicht der Weg gefunden, auf welchem das feinzertheilte Fett, das durch Porencanäle in die Epithelzellen eintritt, von da weiter in das Innere der Zotten gelangen kann.

Fett im Zottenparenchym.

419. b) Ausser in den Epithelien finden sich fein zertheilte Fettkörnchen auch im Zottengewebe selbst. Dieses ist natürlich hauptsächlich zur Verdauungszeit der Fall, zu andern Zeiten findet man hingegen sehr wenig oder gar keine Fettkörnchen vor. Besonders auffallend ist ein fast der Längsaxe der Zotte entsprechender Streifen, in welchem bald mehr oder weniger dicht die schwarzen, kleinen, amorphen Fettkörnchen liegen; bei den grössern derselben sieht man den eigenthümlichen Glanz, durch welchen sich das Fett auszeichnet. Diese Körnchen verschwinden zum grossen Theile, wenn die Zotten mit Äther behandelt worden sind. Ob dieser Strang von einer Hülle umgeben sei und also ein wirkliches Gefäss, ein Lymphgefäss bilde, ist sehr schwer zu bestimmen und die Meinungen der verschiedenen Forscher sind darin abweichend. Ich habe die

1) Moleschott in Untersuch. zur Naturlehre II, 119; vgl. auch v. Wittich in Virchow's Arch. XI, 37.

2) Vgl. über diesen Gegenstand ferner: Reichert in Müller's Arch. 1856, p. 40. — Brettauer und Steinach in Sitzungsber. der Wiener Acad. 1857, XXIII, 303.

3) Billroth in Müller's Arch. 1858, p. 159.

4) Heidenhain in Moleschott's Unters. IV.

Digitized by Google

Dünndarmschleimhaut bei einem Enthaupteten 18 Minuten nach der Enthauptung untersucht und die Fettverbreitung in verschiedener Weise gesehen. In einigen nämlich ging durch die Mitte der Zotte ein schwarzer, aus Körnchen bestehender Strang, der unfern der Spitze kolbig endete; es hingen damit in keiner Weise Seitenäste zusammen; diese Form wird auch sehr häufig, besonders bei ganz jungen Thieren, beobachtet. Werden solche Zotten mit Äther behandelt, so erkennt man häufig den Mittelraum noch ganz deutlich, ohne jedoch bestimmte Wandungen eines Gefässes sehen zu können. Ich stimme hierin mit Brücke überein, während Kölliker, Donders u. A. eine wirkliche Membran des Chylusstammes annehmen.

420. In andern Zotten fanden sich auf eine ausgezeichnet schöne Weise in netzförmiger und dendritischer Verbreitung die Kügelchen gelagert, so dass es mitunter aussah, als sei eine Injection mit einer dunkeln Substanz gemacht. Alle diese Zweige hingen mit dem mittlern Strange zusammen; jedoch bildeten dieselben nicht einen geschlossenen Bogen, sondern viele, vielleicht die meisten, endigten eine kleine Strecke von dem Mittelstamme entfernt, mit einer kolbigen Anschwellung. Diese rührte davon her, dass sich an dieser Stelle eine grössere Anzahl von Körnchen anhäufte. Diese Beobachtung stimmt im Wesentlichen mit dem überein, was E. H. Weber mit dem Namen Chyluscapillaren bezeichnet, so wie mit der Beobachtung von Funke[1]); auch diese Art der Fettverbreitung scheint mir gegen die Annahme eines geschlossenen Mittelgefässes zusprechen.

Figur 46.

Zotten-gefässe.

200.

Darmzotte vom Kaninchen. 200malige Vergrösserung.

421. In noch andern Zotten waren die Fettkügelchen durch die ganze Zotte verbreitet. Bei säugenden Thieren findet man Zotten der Art nicht selten, s. Fig. 46.

422. Auf welchem Wege aus dem Epithel das Fett zu dem Zottenparenchym hingeht, welche Rolle die Porencanäle spielen, ist bis jetzt noch unermittelt.

423. c) Die Menge der Gefässe in den Zotten ist ganz ausserordentlich gross, so dass man bei injicirten Zotten fast Nichts als Gefässe vor sich sieht. Jede Zotte enthält gewöhnlich zwei (oder auch nur eine) grössere Arterien, welche zur Seite aufsteigen und viele Netze von Gefässen bilden. Bei frischen Zotten

1) Funke, Phys. 2. Aufl. I, 312.

Digitized by Google

(Fig. 47) sieht man die Gefässe noch theilweise mit Blutkörperchen gefüllt und zugleich die Epithelien auf der ganzen Fläche verbreitet. [1])

Figur 47.

Darmzotte vom Kaninchen im frischen Zustande. 200 Mal vergrössert.

Muskeln der Zotten.

424. d) Werden die Zotten mit Essigsäure behandelt, so erkennt man die, durch ihre Kerne nachweisbaren und zuerst von Brücke beobachteten cylindrischen Muskelfasern. Sie sind eine Fortsetzung der Muskelhaut der mucosa (Fig. 43 *cc*), wie überhaupt die ganze Zotte eine papillenartige Fortsetzung der Schleimhaut darstellt. [2])

425. Durch diese Muskelfasern erklärt sich's, dass die Zotten bei frisch getödteten Thieren nach verschiedenen Richtungen hin eine Bewegung zeigen (Lacauchie, Gruby, Delafond, Brücke). Man hat nicht selten Gelegenheit, in der Contraction begriffene Zotten, welche seitlich Einschnürungen zeigen, unter dem Mikroskope zu sehen.

4) Bewegung. 426—444.

Dünndarmbewegung im Allgemeinen.

426. Die Bewegungen des Darms sind theils activ, theils passiv. Die activen hängen theils von den Längs-, theils von den Circulärfasern der Muskelhaut des Dünndarms ab; die passiven wesentlich

1) Vgl. Ernst, über Anordn. der Blutgef. in den Darmhäuten. Zürich 1851.

2) Brücke, Berichte der Wiener Acad. 1851. — Kölliker in Zeitschr. für wiss. Zool. 1851. III.

Digitized by Google

von der Luft in dem Dünndarme. Man vergleiche übrigens auch No. 410.

a) Active Bewegung.

427. Wenn sich die longitudinalen Fasern an einer Stelle des Dünndarms zusammenziehen, so wird dieselbe kürzer und die Muskeln fester, wovon man sich bei Thieren durch das Gefühl und selbst das Auge überzeugen kann. Der Inhalt des Darms erleidet dadurch einen Druck. Es kann sich in Folge dieser Contraction die ganze Stelle aufheben und ihren Ort ändern.

428. Durch Contraction der circulären Fasern wird der Durchmesser des Darms an der betroffenen Stelle enger; diese Verengerung kann in manchen Fällen so stark sein, dass sich die Schleimhautflächen berühren. Dies geschieht jedoch gewöhnlich nur, wenn besondere Reize, z. B. der galvanische Strom auf ein Darmstück angewendet wird; spontan erfolgt meistens nur eine seichte Vertiefung.

Antiperistaltische und peristaltische Bewegung.

429. Durch die Zusammenziehung und die Verengerung des Canals weicht der Inhalt aus und zwar in der Regel mehr nach dem Dickdarme als nach dem Magen hin [1]); jedoch ist dieses nicht constant, indem auch rückkehrende (sogenannte antiperistaltische) Bewegungen stattfinden, wie ich wiederholt beobachtet habe. Es hängt vielmehr der Fortgang der Bewegungen von dem grössern Widerstande an der einen oder andern Seite ab. Da gewöhnlich dieser von Oben (vom Magen aus) grösser ist, so geht die Bewegung meist nach abwärts. Bei einer Darmfistel bemerkte Busch Stoffe zuweilen aus dem untern Ende zurückkehren.

430. Man nennt die Dünn- und Dickdarmbewegungen peristaltisch. Öffnet man die Bauchhöhle eines eben getödteten Thieres, so sind im ersten Augenblicke die Dünndärme noch meistens ruhig; bald aber sieht man fast ununterbrochen hier und dort, aufwärts und abwärts, ein Heben und Senken, Zusammenziehen und Erweitern, — bald scheint ein Darmstück wie ein kriechender Wurm fortzuschleichen, bald hebt sich ein anderes in grossen Bogen rasch in die Höhe u. s. w.

431. Sie sind während des Lebens ungemein viel schwächer als nach dem Tode, wie schon Haller und Fontana angeben. Es ist sogar, wie ich und Waller [2]) beobachtet haben, ein sicheres Todeszeichen bei Thieren, wenn man durch die Bauchdecken hindurch die

1) Ich habe früher im „Organ für gesammte Heilk." 1840 I, 134 mich bloss für eine peristaltische und gegen eine antiperistaltische Bewegung ausgesprochen. — Ludwig und Schwarzenberg kamen später auf dasselbe Resultat, sie sahen bei einer Darmfistel eines Hundes ein Wachskügelchen in der Richtung nach dem Magen hin eingeführt zurückkehren, nicht aber in der Richtung nach dem Dickdarme. Auch Brinton und Betz (würtemb. Correspondenzbl. 1850) sprechen sich in gleichem Sinne aus.

2) Budge, Phys. 4. Aufl., p. 79.

Digitized by Google

peristaltischen Bewegungen erblickt. Nicht der Zutritt der Luft veranlasst bei geöffneter Bauchhöhle nach dem Tode die peristaltische Bewegung, wie oft angenommen wird, sie ist vielmehr eine mit dem Absterben zusammenhängende Erscheinung, s. Nervenphysiologie. Bei lebenden Thieren wirkt der Luftzutritt sehr wenig (Budge [1]).

432. Bei Menschen, deren Darmcanal sehr geschwächt ist und deren Bauchdecken wenig Resistenz haben, sieht man zuweilen die Bewegung durch die Bauchdecken hindurch, wie ich [2]) bereits vor langer Zeit angegeben habe.

433. Wird die Aorta bei einem lebenden Thiere vollständig comprimirt, so bemerkt man, wie Schiff [3]) zuerst beobachtete, zwar nicht immer, doch häufig, die vorher ruhigen Gedärme sich bewegen. Es möchte diese Bewegung in gleiche Linie mit derjenigen zu stellen sein, welche nach dem allgemeinen Tode eintritt.

434. Die Darmbewegung beginnt sehr häufig vom Magen aus und schreitet rasch weiter fort; daher mag es kommen, dass sehr bald nach genommener Nahrung, besonders nach Getränken, bei vielen Menschen Bewegungen des Dünn- und selbst des Dickdarms sich einstellen.

435. Die Bewegung des Dünndarms hört nicht auf, wenn die Reizung aufhört, sondern beginnt eine ganze Zeit lang immer wieder von Neuem; so dass sich eine Stelle, welche galvanisirt worden ist, einschnürt, eine Zeit lang eingeschnürt bleibt, ausdehnt und wieder von Neuem einschnürt.

436. Besonders leicht kann, wie ich [4]) schon früher beobachtet habe und was auch Ludwig und Schwarzenberg [5]) bestätigen, Darmbewegung durch Irritation der Schleimhaut hervorgebracht werden. Die Wirkung ist stärker, als wenn die Muskeln gereizt werden.

Man bemerkt, dass häufig die peristaltischen Bewegungen während des Lebens aufhören und wieder anfangen, ohne dass man eine Reizung wahrzunehmen vermag. Die Ursache dieser Intermissionen ist noch nicht aufgeklärt, Ludwig und Schwarzenberg konnten selbst bei starken Irritationen der Schleimhaut jene nicht unterbrechen. Man darf nicht glauben, dass sich die Bewegung vom Magen bis zum Mastdarme so fortsetzt, dass eine Stelle nach der andern an die Reihe kommt, sondern sie besteht vielmehr an verschiedenen Orten gleichzeitig, während dazwischen liegende ruhig sind.

---

1) Budge in Organ für die gesammte Heilk. Bonn 1840. I, 126, und Unters. über das Nervens. I, 151.

2) Budge, Allg. Pathol. Bonn 1845, p. 264.

3) Schiff in Froriep's Tagesber. 1851, No. 327, p. 225.

4) Budge in Organ für die gesammte Heilk. I, 129.

5) Ludwig und Schwarzenberg in Zeitschr. für ration. Med. VIII, 116.

Digitized by Google

Bewegungsnerven des Darmes.

437. Die Nerven, welche auf die Bewegung der Gedärme einwirken, sind die Nn. vagi, der plexus coeliacus und die Nn. splanchnici.

438. Schon vor längerer Zeit habe ich beobachtet, [1]) dass durch Reizung der Nn. vagi Bewegung der Gedärme veranlasst werden kann, was neuerdings von Kupffer, Ludwig [2]) und Wolf [3]) bestätigt wurde. Hingegen bin ich nicht im Stande gewesen, durch sehr starke Reize eine peristaltische Bewegung zum Stillstand zu bringen.

439. Durch Reizung des N. splanchnicus, des ganglion coeliacum, wenn dieselbe nicht zu intensiv ist, wurden von I. Müller, [4]) Ludwig, [5]) Biffi [6]) u. A. vermehrte Bewegungen beobachtet. Ich [7]) habe von dem Rückenmark aus, und Bernard [8]) vom ganglion thoracicum primum aus dasselbe Resultat beobachtet.

440. Wird mit dem Inductionsapparat der n. splanchnicus stark gereizt, so tritt in der Regel eine entgegengesetzte Wirkung, nämlich eine Ruhe, eine momentane Lähmung der sich bewegenden Gedärme ein (Pflüger [9]). Das Nähere s. bei der Nervenphysiologie, wo auch über die unwissenschaftliche Annahme hemmender Nerven gehandelt wird.

441. Im Allgemeinen habe ich beobachtet, dass nach dem Tode Reizung des n. splanchnicus, sowie auch des ganglion coeliacum die Bewegungen des Darms meistens vermehrte, während des Lebens aber bei hinlänglich starker Reizung ein Aufhören der bestehenden Bewegung eintrat und nach beendigter Reizung noch eine Weile verging, ehe die Bewegung wieder anfing.

442. Von den Gehirn- resp. Rückenmarkstheilen, welche auf Darmbewegung einwirken, wird in der Nervenphysiologie die Rede sein.

b) Passive Dünndarmbewegung.

443. Der Darm kann auch durch Luftansammlungen beträchtlich ausgedehnt werden, was auf die grosse Elasticität desselben schliessen lässt. In dem serösen Überzuge der Gedärme findet sich zwar elastisches Gewebe, jedoch in nicht so beträchtlicher Menge, wie in dem serösen Überzuge der Bauchwand (dem parietalen Blatte des

---

1) Budge in Froriep's Notiz. 1846. XXXIX, 312, und in Wagner's Handwörterbuch III, 422.

2) Kupffer und Ludwig, Zeitschr. für rat. Med. 3. R. II, 357.

3) Wolf, De funct. n. vagi. Berol. 1856.

4) I. Müller, Phys. I, 190.

5) Ludwig in Sitzber. der Wien. Acad. 1857. Juli.

6) Biffi, Meissner's Jahresber. 1858, p. 583.

7) Budge, Unters. über das Nervens. I, 150.

8) Bernard, Leçons II, 438.

9) Pflüger, Hemmungsnervens. Berlin 1858.

Digitized by Google

Bauchfells); die Muskeln besitzen indess eine grosse Elasticität. — Es ist wahrscheinlich, dass durch krankhafte Zustände vorübergehend oder bleibend die Elasticität der Darmgewebe und damit auch der Widerstand gegen die Ausdehnung des Darms abnehmen kann. Bei der Luftansammlung im Darme möchten daher nicht nur die Ursachen der Gaserzeugung, sondern auch die Elasticitätsverhältnisse zu beachten sein; worüber freilich weitere Untersuchungen zu wünschen sind.

444. Sowohl die active als passive Darmbewegung können, wenn sie einen stärkern Grad erreichen, schmerzhaft werden. Man weiss von den Rumpfmuskeln, dass sowohl mit energischer und anhaltender Contraction als mit Dehnung derselben Schmerz verbunden ist. So scheint es sich auch mit den Darmmuskeln zu verhalten. Der Bauchfellüberzug ist nur mit sehr spärlichen Nerven versehen, hingegen laufen zahlreiche Nervenfasern mit den Gefässen zu Muskeln, Schleimhaut und besonders submucösem Gewebe. Der Nerv, von welchem hauptsächlich das Gefühl abhängt, ist der n. splanchnicus. Vgl. die Nervenphysiologie.

VI. Verdauungserscheinungen im Dickdarme.

445. Der Dickdarm schliesst 1) Excremente und Gase ein, ist 2) durch seine Schleimhaut Secretionsorgan und 3) zur Ausleerung des Kothes bestimmt. Allgemeines.

Wie der Inhalt des colon bei der Respiration wirksam ist, wurde oben (p. 81) erwähnt.

Während der Koth durch den Dickdarm geführt wird, nimmt seine Consistenz zu, indem Flüssigkeit beständig resorbirt wird.

1) Excremente und Dickdarmgase. 446—452.

446. Die Beschaffenheit der Excremente geben wir hauptsächlich nach den Beobachtungen von Wehsarg.[1]) Ihre Farbe ist bei Milchkost gelb, bei Fleischkost dunkler, durch Zusatz sehr verdünnter Salpetersäure roth. Die Reaction ist meist sauer, doch häufig auch alkalisch oder neutral. (Bei kleinen Kindern habe ich fast immer die Ausleerungen stark sauer gefunden.) Die Quantität betrug in 17 Beobachtungen im Mittel 131 Grm., Min. 67,2, Max. 306; darunter feste Substanz, Mittel: 30 Grm., Min. 16,3, Max. 57,2. 48 Stunden nach genommener Nahrung fanden sich Theile derselben in den Excrementen wieder, Fleischspeisen später, Traubenkerne brauchten Excremente.

1) Wehsarg, Mikr. und chem. Unters. der Faeces. Giessen 1853.

Digitized by Google

drei bis vier Tage; Schwefelsäure. Magnesia vier Stunden, Ferrum carbonicum zwölf Stunden. Es versteht sich von selbst, dass hierin ausserordentliche Verschiedenheiten je nach der Beweglichkeit des Magens und Darms bei einzelnen Individiduen vorkommen. — Ich habe gesehen, dass bei Kaninchen, welche vorher mit Kohl gefüttert waren und dann gelbe Rüben erhielten, nach zwei Tagen der Koth schon gelbe Färbung zeigte, dass aber wohl sechs bis sieben Tage vergingen, ehe die Reste des grünen Futters geschwunden waren. Auch bei mehren Menschen, welche im Stuhle leicht wieder zu erkennende Substanzen, z. B. Heidelbeeren, gegessen hatten, bemerkte ich, dass schon nach 24 Stunden die Kothmassen schwarze Färbung zeigten, oft schon nach 18 Stunden. Es könnte ein Genuss solcher färbenden Substanzen ein Fingerzeig für die individuelle Darmbeweglichkeit abgeben, die für Ärzte in manchen Fällen von grosser Wichtigkeit ist.

447. Unter dem Mikroskope finden sich Nahrungsreste, Muskelfleisch, Stärkemehl, Pflanzenzellen (Cellulose, wenn sie einigermassen dick ist, geht nach Frerichs immer mit dem Kothe ab, vgl. p. 130. Anm. 1), Pflanzenhaare, Spiralgefässe, Fett.

448. Höchst selten sind durch Salpetersäure Gallenfarbestoffe und durch die Pettenkofersche Probe Gallensäuren zu erkennen; wohl aber Zersetzungsproducte der Galle, Dyslysin, Choloidinsäure, Cholalsäure. [1]) Faeces hinterlassen ausserordentlich wenig Asche, nach Porter [2]) etwa 6,69% der ganzen Menge. In derselben finden sich hauptsächlich phosphorsaure Magnesia, welche sich in alkalischen Excrementen mit Ammoniak zu dem unlöslichen Tripelphosphate verbindet, dessen Krystalle man zuweilen in gesunden, oft in kranken Kothentleerungen findet, ferner enthalten die Excremente Spuren von phosphorsaurem Kalk, von Eisen, sehr wenig schwefelsaure und Chlorverbindungen. Diese Substanzen kommen dann in grösserer Menge in den Excrementen vor, wenn Diarrhöe vorhanden ist, weil nicht Zeit genug zu ihrer Resorption bleibt. [3])

449. Nach Marcet [4]) kommt in den Excrementen ein eigenthümlicher, krystallisirender Stoff vor, welcher unlöslich in Wasser und

1) Vgl. Frerichs in Wagner's Handw. III, 1. p. 859. — Kühne in Virchows Arch. XIV, 310.

2) Porter in Ann. der Chem. LXXI, 117.

3) Aubert, Zeitschr. für rat. Med., n. F. II, 225. — Wagner, Arch. für phys. Heilk. XII, 93.

4) Marcet in Erdmanns Journ. LXIII, 387. Philos. Transact. 1854, 1857 und 1858.

Digitized by Google

Kalilauge, wenig in kaltem Alkohol, leicht in Äther löslich ist und alkalisch reagirt. Er nennt ihn Excretin.

450. Citronen-, wein-, äpfelsaure Salze werden im Darme in kohlensaure umgewandelt und finden sich als solche in den Excrementen; ebenso magnesia usta, lactica und benzoica. Hingegen werden oxalsaurer Kalk und phosphorsaure Ammoniak-Magnesia nicht umgesetzt. Auch mit Aufgüssen von Pancreas, Darmschleimhaut, Muskelsubstanz, Leber zeigte sich nach 18—36 Stunden bei 37—40° R. eine solche Umwandlung (Kerkov, Magawly [1]).

451. Die Form der abgehenden Excremente dient zur Erkenntniss mancher Zustände des Mastdarms, namentlich aber, um die Stärke und Art der Contraction desselben zu bestimmen. Der abgehende Koth ist im gesunden Zustande nach dem Mastdarme geformt, und man kann von dem Durchmesser der Kothsäulen auf den jeweiligen Durchmesser des Mastdarms schliessen. Bei starker Contraction desselben sind jene natürlich viel dünner.

Gase im Dickdarme.

452. Von Magendie und Chevreul wurden an Hingerichteten die Gase des Dickdarms, und wieder besonders die des Blind- und des Mastdarms untersucht. Valentin hat am Pferde solche Analysen angestellt.

	CO_2	N	O	H	CH_2	HS	NH_3
Dickdarm							
bei Menschen nach Magendie u. Chevreul	43,50	51,03	0	0	5,47		
	70	18,94	0	11,06			
Blinddarm							
bei Menschen nach Mag. u. Chevr.	12,5	67,5	0	7,5	12,5		
bei Pferden nach Valentin	77,70	10,23	0	4,67	4,09	2,02	1,29
	71,59	16,32	0	0,20	6,96	3,71	1,22
Mastdarm							
bei Menschen nach Mag. u. Chevr.	42,86	45,96	0	0	11,18		
bei Pferden nach Valentin	47,94	24,39		13,82	11,82	0,54	1,49

1) Kerkov, De magnesiae ejusque salium mutatione diss. Dorp. 1855. — Magawly, De ratione qua nonn. sales in tr. intest. mutantur. Dorp. 1856. — Meissner, Jahresber. 1856, p. 178.

Digitized by Google

2) Secretion im Dickdarme. 453—456.

Secretionsorgane.

453. Die Secretionsorgane sind die Lieberkühn'schen oder Schleimdrüsen, welche hier stärker als im Dünndarme entwickelt sind. Ausserdem finden sich besonders zahlreich im processus vermicularis solitäre Follikel, welche in der Mitte mit einem Grübchen versehen sind; vgl. Kölliker, Gewebel. 3. Aufl., p. 432.

Secret des coecum.

454. Die Schleimdrüsen sondern den im ganzen Dickdarme vorhandenen Schleim ab. Demjenigen, welcher im coecum und proc. vermicularis secernirt wird, hat man besondere verdauende Eigenschaften beigelegt.

455. Das coecum hat manche Eigenthümlichkeiten: a) bei Pflanzenfressern ist es beträchtlich grösser, als bei Fleischfressern; b) bei jenen wenigstens ist es fast immer sehr angefüllt von weichem Kothe; c) seine Bewegung nach dem Tode hört meist rasch auf; d) sein Inhalt reagirt bei vielen Thieren häufig sauer (Tiedemann und Gmelin), wesshalb man ihm verdauende Kräfte zuschrieb (Viridet, Tiedemann und Gmelin, C. H. Schultz). Indess darf man auf diese Reaction nicht zu viel Gewicht legen, indem man dieselbe fast ebenso häufig im Mastdarme findet. Funke (Phys. I, 293) band den proc. vermicularis bei lebenden Thieren zu, brachte ihn in die Bauchhöhle zurück und tödtete die Thiere nach einigen Stunden. Jener strotzte von einer stark alkalischen Flüssigkeit, in welcher aus Zucker und Stärke sich bald Buttersäure bildete. Das Secret wandelt zwar rasch Amylon in Zucker um, löst aber Proteinstoffe nicht auf.

Secret des übrigen Dickdarms.

456. Dass die Schleimhaut des Dickdarms noch verdaue, glaubte Steinhäuser [1]) an einer Kranken mit Darmfistel beobachtet zu haben.

3) Bewegungen zur Kothentleerung. 457—474.

457. Es werden zu erörtern sein: a) der Mechanismus der Bewegungen; b) die Bedingungen derselben; c) die Modalitäten, welche auf sie einwirken.

a) Mechanismus der Bewegungen zur Kothentleerung. 458—467.

458. Bei den zur Kothentleerung nothwendigen Bewegungen muss man vor Allem zwei derselben aus einander halten, nämlich 1) die Bauchpresse und 2) die Bewegungen des Mastdarms selbst.

α) Bauchpresse. 459—460.

459. Bei der Bauchpresse contrahiren sich das Zwerchfell und die Bauchmuskeln gleichzeitig. Die nächste Wirkung besteht darin, dass die Leber, das colon transversum, der Magen und der ganze am

---

1) Steinhäuser, Exper. de sensib. et funct. intest. crassi. Lips. 1841.

Digitized by Google

mesenterium befestigte Theil des Dünndarms nach Unten gegen die Beckenhöhle verschoben wird, und die Bauchdecken nach Vorn ausweichen. Das colon ascendens und descendens erleiden wegen ihrer Befestigung keine Ortsveränderung. Indem nun zugleich die Bauchmuskeln sich zusammenziehen, so ist dadurch die Hervorwölbung des Bauches zwar nicht aufgehoben, aber doch beträchtlich verringert; natürlich zeigt sich die Wirkung da am Stärksten, wo die Muskeln die grösste Resistenz haben, nämlich in der aponeurotischen Ausbreitung nächst der Umgebung der linea alba. — Das jejunum und der obere Theil des ileum leiden daher den meisten Druck. Deshalb schmerzen auch bei hartleibigen Menschen, welche einen empfindlichen Darm haben, nach der Kothentleerung diese Partien. Der Theil des direct gedrückten Dünndarms wird einerseits wieder auf das colon ascendens und descendens, andererseits auf den zwischen Mastdarm und Blase resp. Gebärmutter liegenden untern Theil des jejunum drücken.

460. Die hier in Betracht kommenden Wirkungen dieses Druckes sind folgende: 1) Verdichtung der Darmgase. 2) Vermehrung der Bewegung im ganzen tractus und besonders auch des Dickdarms in Folge der Reizung. 3) Wenn Kothmassen im Mastdarme sind, so können diese durch den Druck des untern ileum gegen den Ausgang getrieben werden; sind aber keine Kothmassen in demselben, so erfolgt direct keine Entleerung. — Durch die Bauchpresse werden aber die Kothmassen nicht in den Mastdarm geführt, so lange das Ende des colon (flexura iliaca) eine S-förmige Krümmung hat, und die Knickung die Fortbewegung hindert. Ist aber das S romanum so angefüllt, dass es sich streckt, so kann der Druck eine Beförderung des Inhalts in den Mastdarm hervorbringen.

γ) Mastdarmbewegungen. 461—467.

461. Die Mastdarmbewegungen selbst werden theils von der Muskelhaut des Darms ausgeführt, theils von andern am After gelegenen, in den Mastdarm übergehenden eigenen Muskeln.

462. Die Muskelhaut des Mastdarms ist beträchtlich dicker als die des colon oder eines andern Darmstücks, also auch einer stärkern Contraction fähig. Die Längsfasern liegen zwar im Allgemeinen dichter, als die cirkulären. Die letztern sind aber an manchen Stellen mehr angehäuft. Namentlich ist dies gerade oberhalb des Afters der Fall, wo die Ringsfasern den sogenannten sphincter ani internus bilden. Etwa 4″ vom After entfernt wurde von Nélaton noch ein dritter oberer sphincter beschrieben, den Velpeau bestätigte, aber Treitz und Kohlrausch läugnen. Eigene Untersuchungen haben mich belehrt, dass in vielen Leichen allerdings in dieser Gegend eine sogleich in die Augen fallende Anhäufung der cirkulären Fasern vorkommt, die ich aber in andern Fällen nicht wahrnehmen konnte. Hingegen finde ich an manchen Orten ab und zu

Digitized by Google

die cirkulären Fasern dichter liegen, jedoch so, dass sie nicht den ganzen Umfang einnehmen. Hieraus lässt sich erklären, dass manchmal die Kothballen an mehren Stellen ihrer Länge, nur halbseitig Einschnürungen zeigen. Durch das Vorhandensein des Nélaton'schen Sphincters und der oben erwähnten Muskelanhäufungen werden vielleicht die Stricturen des Mastdarms begünstigt, welche in der Regel mehre Zoll vom After entfernt auftreten. Auch verdienen die Bemerkungen von O'Beirne hier eine Stelle. Derselbe glaubt nämlich, dass im normalen Zustande der Mastdarm leer sei, dass sich die Excremente in der flexura iliaca ansammelten und vor der Stuhlentleerung in den Mastdarm geschafft würden, dessen Anfangstheil in der Zwischenzeit verengt sei. Denn man finde bei der Untersuchung per anum im Mastdarme nie feste oder flüssige Stoffe darin. Auch überzeuge man sich mittelst einer elastischen Sonde von dem Widerstande, den dieselbe in der Höhe des Mastdarms erfahre. Nach einer Stuhlentleerung sinke das S Romanum in das kleine Becken, wo es auf der linken Seite des Mastdarms eine bewegliche Schlinge bilde.[1] Es ist, wie ich glaube, an dieser Theorie manches Richtige. Man findet nämlich häufig den grössten Theil des Mastdarms leer, während das colon mit Kothmassen gefüllt ist, und die S-förmige Windung erschwert den Übertritt ihres Inhalts in das rectum. Füllt sich das Colonende mehr an, so kann es sich strecken und die Entleerung in den Mastdarm wird erleichtert. Man braucht aber nicht mit O'Beirne anzunehmen, dass im normalen Zustande die dickere Kreisfaserschicht am obern Mastdarme, welche überhaupt bei Weitem nicht in allen Fällen vorhanden ist, eine beständige Verengerung bedinge. Aber wohl ist es wahrscheinlich, dass wenn Stoffe bis an diesen Nélaton'schen Ring gelangen, im normalen Zustande eine stärkere Bewegung eingeleitet und dadurch für die energischere Ausführung der Excremente gesorgt wird. Aber auch bei Abwesenheit desselben vermögen die Contractionen der Mastdarmmuskelfasern die Fortbewegung auszuführen.

463. Die Bewegung des Mastdarms kann man bei Thieren noch ziemlich lange nach dem Tode beobachten. Man bemerkt an verschiedenen Stellen ein Aufblähen und Zusammenschnüren, oft bewegt sich der ganze Darm wie ein Pumpenstock auf- und abwärts. Nicht selten gehen Kothmassen wieder zurück, nachdem sie gegen den After gedrängt waren. Durch die angegebenen Contractionen können sogar bei geöffnetem Bauche Excremente entleert werden.[2]

1) s. Malgaigne, Chir. Anat., übers. von Reiss und Liehmann. Prag 1842, II, 273.

2) Man vgl. Budge in Organ für gesammte Heilk. Bonn 1840, I, 135.

Digitized by Google

464. Der m. sphincter ani, welcher den After umkreist, wird gewöhnlich für einen Muskel gehalten, welcher beständig verschlossen bleibt, bis durch den Andrang der Excremente seine Contraction überwunden werde. Diese Ansicht habe ich schon 1840 l. c. bekämpft, in neuester Zeit tritt meiner Anschauung auch Funke [1]) bei. Ich stelle den m. sphincter ani externus in seiner Wirkung dem m. orbicularis palpebrarum analog. Wie durch ein Berühren der conjunctiva sogleich ein Schluss der Augenlider erfolgt, so auch durch Berühren der Mastdarmschleimhaut eine starke Contraction des sphincter. Sobald die Bewegung des Mastdarms bis gegen den After fortschreitet, einerlei, ob Excremente befördert werden oder nicht, so schliesst sich der sphincter. Diese Wirkung können wir wie am Auge willkürlich vermehren. Ist der Drang der Kothmassen gegen den After sehr stark, so wird sowohl die spontane, als auch sogar die willkürlich vermehrte Zusammenziehung überwunden. Es erfolgt die Entleerung. Unter normalen Verhältnissen hört hingegen die Contraction der Mastdarmmuskeln und des sphincter bald auf, das Bedürfniss endigt, und es müssen von Neuem Bewegungen des Mastdarms entstehen. — Die Annahme, dass der m. sphincter die Kothmassen verhindere, von selbst herauszudringen, ist nicht begründet. Denn erstens kann bei Leichen der Mastdarm voll Koth sein bis zu seinem Ende, ohne dass er von selbst herausdringt. Der Schleim ist zähe genug, ihn zu halten; auch wird durch die grosse Menge der Lieberkühn'schen Drüsen eine beträchtliche Schleimmenge producirt. — Zweitens kommt es oft bei Hartleibigen vor, dass die Excremente ganz nahe dem sphincter liegen, dass der anus freiwillig geöffnet wird und doch die Excremente ohne anderweitigen Druck sich nicht entleeren. — Drittens ist es nicht wahrscheinlich, dass ein Muskel in steter Thätigkeit verharren soll. Bewegungen der Aftermuskeln.

465. Der m. levator ani hebt das untere Ende des Mastdarms und erweitert dasselbe etwas.

466. Diejenigen Oberschenkelmuskeln, welche den Schenkelkopf nach Aussen wenden, besonders der m. obturator internus, helfen zur Erweiterung des Afters. Bei der Entleerung geht eine solche der endlichen Schliessung durch den m. sphincter externus voraus.

467. Die am Ende des Krummdarms liegende sogenannte Bauhin'sche Klappe ist nach M. J. Weber [2]) keine Klappe, sondern der Anschein wird nur durch die cellulae coli veranlasst. Indess kann nach O'Beirne kein Koth aus dem Dickdarm in den Dünndarm überfliessen; und nach M. J. Weber dringt niemals Wasser aus

1) Funke, Phys. 2. Ausg. I, 297.
2) M. J. Weber in Organ für ges. Heilk. Bonn 1842. II. 333.

Digitized by Google

jenem in diesen, selbst wenn man das Ende des Dünndarms aufschneidet. Wenn man jedoch unter Klappe nur einen Vorsprung der Schleimhaut verstehen will, welche den Rückfluss des Kothes unter Mitwirkung des coecum hindert, wie es der Analogie nach auch richtig ist, so hat man keine Ursache, der Bauhin'schen Klappe diese Bedeutung abzusprechen.

b) Bedingungen zur Kothentleerung. 468—471.

468. Die Kothentleerung hängt von dreierlei Bedingungen ab: 1) von der Integrität der Muskeln; 2) von dem Blutzuflusse; 3) von der regelrechten Mitwirkung des Nervensystems.

a) Muskeln.

469. Je faserreicher die Muskelhaut der Gedärme überhaupt, des Mastdarms insbesondere ist, desto energischer die Bewegung und umgekehrt. Dass durch einseitige stärkere Entwickelung der Längen- oder cirkulären Fasern, dass überhaupt durch zu starke Ausbildung möglicher Weise ein abnormer Zustand ebenso gut eintreten kann, wie durch Degeneration nach der andern Seite hin, ist Gegenstand der Pathologie.

β) Blut.

470. Wie die Bewegungsfähigkeit aller Muskeln in hohem Grade von dem Blutzuflusse abhängt, so auch die der Darmmuskeln. Auf die Kothentleerung hat daher die Ernährung einen gewaltigen Einfluss. Es ist deshalb eines der grössten Vorurtheile, dass durch starke Körperbewegungen Obstructionen verhütet werden. Die Folge jeder Körperbewegung, wie jeder Anstrengung ist eine doppelte, nämlich einmal eine Einbusse an Blut, an Kraft; zweitens aber wächst das Bestreben zur Neubildung. Wird nun in einer gewissen Zeit mehr neu gebildet als verloren geht, so nützt die Anstrengung; ist der Kraftvorrath der Art, dass der Ersatz nicht wieder eben so rasch geleistet wird, so bleibt der Nachtheil nicht aus. Man sieht daher ein, wie in vielen Fällen das beste Mittel gegen Obstruction die Ruhe ist; vgl. den Abschnitt über Ernährung.

γ) Nerven.

471. Die Nerven, welche die Muskeln des Dickdarms zur Bewegung disponiren, sind zunächst die Bewegungsnerven. Zu ihnen gehören, wie in der Nervenphysiologie weiter erörtert wird, der n. vagus, der plexus coeliacus und der n. sympathicus lumbaris. Diese Nerven stehen wieder unter einer Abhängigkeit von gewissen, im dritten Buche zu bezeichnenden Centraltheilen. — Das Gefühl und damit auch die Gefühlsnerven sind bei der Kothentleerung von Einfluss. Abgesehen vom Reize auf die Schleimhaut, dessen Einwirkung noch nicht genugsam studirt ist, kommt das eigenthümliche Gefühl des Drängens am After in Betracht. Dieses Gefühl darf nicht als Beweis gelten, dass Koth schon in der Afternähe sei, sondern ebenso wie bei der Blasenvölle ein Drang in der Nähe des ostium cutaneum urethrae empfunden wird, ohne dass der Urin noch bis zu diesem Theile gelangt ist, tritt auch das Gefühl am After schon

Digitized by Google

ein, wenn die Excremente noch viel höher liegen, wie die Beobachtung leicht lehrt. — Wenn die Empfindung an dieser Stelle vermindert ist, so fehlt der Trieb und es tritt oft nicht eher Entleerung ein, bis willkürlich die Bauchpresse angewandt wird, und im umgekehrten Falle ist der Trieb gesteigert.

c) Modalitäten, welche auf die Kothentleerung wirken. 472—474.

472. Die Mastdarmbewegungen beginnen nicht gerade im Mastdarm, sondern die im colon, Dünndarm und selbst im Magen entstandenen Bewegungen breiten sich von diesen Theilen weiter aus und theilen sich endlich auch dem Mastdarme mit. Ich habe bei Thieren nicht selten beobachtet, dass die vorher ruhigen Gedärme sich dadurch zu bewegen anfingen, dass sich der Magen contrahirte und nun von Stelle zu Stelle die wurmförmige Bewegung weiter ging. Man kann auch bei Menschen zuweilen sich davon überzeugen, dass, so oft sie kaltes Wasser getrunken haben, in wenigen Minuten ein Kollern im Dünndarme sich einstellt. Auch tritt nicht selten unmittelbar nach dem Genusse von Flüssigkeit ein Trieb zur Stuhlentleerung ein, welcher sich bald wieder verliert.

473. Es versteht sich von selbst, dass die Entleerung der Excremente sehr wesentlich von deren Consistenz abhängt, weil dadurch der Widerstand gegen die Bewegung vermehrt oder vermindert wird. Die Consistenz ist aber wesentlich abhängig von der Geschwindigkeit der Darmbewegung und der Menge und Flüssigkeit des Schleims. Bei grösserer Geschwindigkeit können nicht soviele Wassertheile aufgesogen werden und der Schleim, dessen normales Verhalten von dem Zustande der Lieberkühn'schen Drüsen abhängt, erhält die Excremente schlüpfrig.

474. Auf die häufigere oder seltenere Kothentleerung, sowie auf die Kothmenge influiren ferner die Menge der genossenen Nahrung überhaupt und der unlösbaren Stoffe insbesondere; sodann die gesteigerte oder verminderte Aussonderung von Urin und Hautausdünstung, welche mit der Schleimabsonderung in einem umgekehrten Verhältnisse stehen, und endlich die Gewohnheit.

C. Blut und Lymphe.

Allgemeines.

475. Wie der Inhalt der Respirations- und Digestionsorgane theils aus Stoffen besteht, welche zur Blutbildung verwendet werden, theils aus solchen, welche zur Ausleerung bestimmt sind, so finden sich auch im Blute nicht nur Substanzen, welche die Ernährung unterhalten, sondern auch solche, welche von den Körpertheilen bereits verbraucht und werthlos geworden sind. Das Blut ist somit der Vermittler zwischen den Organen und den von Aussen aufgenommenen, sowie den nach Aussen wieder abzugebenden Stoffen. Aber

Digitized by Google

das Blut enthält auch ihm eigenthümlich zukommende, geformte Zellen und Körnchen, sowie in ihm wahrscheinlich beständig Bildungs- und Zersetzungsprocesse erfolgen. Einen wesentlichen Antheil an der Gestaltung des Blutes hat die Lymphe, der Inhalt des in das Blutgefässsystem mündenden, durch den ganzen Körper verbreiteten Lymphgefässsystems.

476. Im Folgenden sollen 1) die physicalischen und chemischen Eigenschaften und Bestandtheile des Blutes, 2) der Blutumlauf durch den Körper, 3) die Lymphe und insbesondere diejenige, welche unter dem Namen Chylus aus den Darmzotten (S. 208) Substanzen in sich aufgenommen hat, behandelt werden.

I. Physikalische und chemische Eigenschaften und Bestandtheile des Blutes. 477—520.

1) Qualität der Blutbestandtheile und des Gesammtblutes. 477—515.

Bestandtheile des Blutes.

477. Das Blut enthält feste, flüssige und gasförmige Bestandtheile. Im frischen Blute finden sich von jenen a) rothe, b) farblose Blutkörperchen und c) Elementarkörnchen. Wenn das Blut nicht mehr in der Cirkulation begriffen ist, so wird ein vorher flüssiger Theil, der Faserstoff, fest, es hängen sich an ihn die andern festen Bestandtheile. Es entsteht die Gerinnung, coagulatio sanguinis.

478. Der flüssige Theil des Blutes, wie er in den Gefässen enthalten ist, bevor sich der Faserstoff aus demselben getrennt hat, wird liquor s. plasma sanguinis, auch Intercellularflüssigkeit, und nachdem sich der Faserstoff abgeschieden hat, serum sanguinis genannt. Der feste Theil des Blutes, d. h. die Körperchen und Körnchen ohne Faserstoff, heisst cruor sanguinis. Nachdem aber an den festgewordenen Faserstoff die Körperchen und Körnchen getreten sind, so entsteht ein zusammenhängender Kuchen, placenta s. crassamentum sanguinis, welcher im serum liegt.

1) Blutbestandtheile und ihre Eigenschaften. 479—503.

a) Rothe Blutkörperchen. 479—487.

479. Die rothe Farbe des Blutes ist allen Wirbelthieren, mit einziger Ausnahme des merkwürdigen Fisches Amphioxus lanceolatus s. Branchiostoma lubricum, s. S. 8 (in dessen Blute keine Blutkörperchen vorhanden sind), eigen. Sie rührt von den Zellen her, welche zu vielen Tausenden in jedem Blutstropfen enthalten sind, und die man Blutbläschen (-Kügelchen, -Körnchen, -Körperchen, -Zellen, vesiculae, s. corpuscula, s. cellulae sanguinis) nennt. — Sie sind von Malpighi [1]) (1665) und Leuwenhoek [2]) (1673) entdeckt worden.

---

1) Malpighi, Ep. anat. de omento Bonon. 1666. — Oper. posth. Amstel. 1698.
2) Leuwenhoek in Philos. transact. 1674. — Ueber die mikroskopische Be-

Digitized by Google

480. Man sieht die Blutkörperchen einzeln deutlich, wenn man einen Blutstropfen mit Serum oder einer schwachen Lösung von phosphorsaurem Natron, Kochsalz oder Zucker verdünnt und unter dem Mikroskope betrachtet. — Sie sind zirkelrunde Scheibchen, die in der Mitte auf beiden Seiten eine kleine Vertiefung haben, wodurch dieselben hier einen dunklern Fleck zeigen und früher zur Annahme eines Kernes Veranlassung gaben. Man kann sie sich wie Münzen vorstellen, welche in der Mitte etwas eingedrückt sind. Daher können sie sich auf die schmale Seite stellen, wo sie stabförmig, von biscuitförmiger Gestalt erscheinen. Durch ihre Elasticität können sie leicht eine andere Form annehmen; namentlich bemerkt man dies bei Blutkörperchen von Embryonen, von welchen einzelne langgezogen, zugespitzt, eingeschnürt u. s. w. erscheinen. Einzeln ist ein jedes gelblich; seine Breite beträgt im Mittel $^1/_{300}$ — $^1/_{400}$‴. Bei grösseren Blutkügelchen, z. B. des Frosches, ist ein Kern unleugbar, jedoch in den Blutkörperchen innerhalb der Gefässe nicht zu sehen, wesshalb sein Hervortreten vielleicht auf einer Art von Gerinnung beruht. In den Blutkügelchen vom Menschen ist die Anwesenheit eines Kernes nicht constatirt.

Figur 48.

Blutkügelchen vom Menschen. *a* von Oben, *b* von der Seite.

481. Man unterscheidet an jedem Blutkörperchen eine farblose zarte, sehr elastische Hülle und den gefärbten, zähen Inhalt, der besonders an der innern Wandung der Hülle anzuliegen scheint. Die Hülle zeigt einen nicht geringen Widerstand gegen die verschiedenen Reagentien, während der Inhalt ausserordentlich empfindlich ist. Viele Stoffe entfärben daher die Blutkörperchen und machen sie schwer kenntlich, ohne sie vollständig aufzulösen. Dazu gehört zunächst das Wasser. Es tritt in die Hülle, wölbt sie vor und löst den gefärbten Inhalt auf, welcher nach Aussen dringt, zersprengt mitunter auch die Hülle ganz. Bei den ovalen Blutkörperchen des Frosches sieht man die gelbe Farbe immer mehr verblassen und das längliche Körperchen allmählich zur Kugel werden, welche zuletzt nur nach Zusatz von einer gefärbten Flüssigkeit, wie verdünnte Jodtinctur (C. H. Schultz) noch wieder kenntlich zu machen ist. — Ebenso wie Wasser wirken nach Kölliker (Gewebel., S. 602) Gallussäure, Holzessig, aqua chlorata, wäss-

---

schaffenheit der Blutkörperchen sind zu vergleichen Hewson, Exper. inquiries, Lond. 1774—1777. — Prevost u. Dumas, Bibl. univ. de Genève 1821, XVII, 215 fg. — E. H. Weber in Hildebrandt's Anat. I, 154. — I. Müller in Poggend. Ann. 1832, H. 8. — R. Wagner, Beiträge zur vgl. Phys. d. Blutes. Leipzig 1834. 1838. — C. H. Schultz, Syst. d. Circul. Stuttg. 1836. — Gulliver in Med. chir. Transact. B. XXIII. — Milne Edwards Leçons sur la physiol. I, 84.

Digitized by Google

rige Jodlösung, Schwefeläther, Chloroform. Auch Essigsäure von 10% löst die Blutkörperchenhülle noch nicht auf, wohl aber solche von 20% und Eisessig. Von concentrirten Mineralsäuren greift die Schwefelsäure dieselben am meisten an, viel weniger Salz- und Salpetersäure. Hingegen lösen kaustisches Kali und Natron, Ammoniak von 10% die Hüllen vollständig auf. — Kommen mit den Blutkörperchen Flüssigkeiten in Berührung, welche jenen Wasser entziehen, wie Schwefelsäure, Alkohol, Kochsalz oder andere Salze, Harnstoff [1]) u. s. w. oder tritt Verdunstung ein, so schrumpfen dieselben und werden mitunter zackig. Bei manchen Menschen scheinen die Blutkörperchen besonders leicht zackig zu werden, auch am Pferdeblute scheint es häufiger vorzukommen. Zwischen der umgebenden Flüssigkeit und derjenigen innerhalb des Körperchens findet eine Strömung statt, welche wahrscheinlich gleichen Gesetzen unterliegt, wie bei allen Diffusionen durch Membranen, s. den folgenden Abschnitt. Durch Galle werden die Blutkörperchen zerstört (Hünefeld, Simon). Betrachtet man einen Tropfen Blut mit etwas Galle vermischt unter dem Mikroskope (diese Untersuchung habe ich mit venösem Blute und der Galle vom Kaninchen gemacht), so bemerkt man, dass die meisten Blutkörperchen ganz plötzlich verschwinden, als wenn eine Seifenblase platzt, ohne sichtbaren Rest zu hinterlassen.

482. Wenn ein Tropfen Blut einige Minuten unter dem Mikroskope gelegen hat, so findet man nicht selten die Blutkörperchen an einander getreten, und in diesem Falle haben sie das Ansehen von kleinen Säulchen oder Geldrollen (Fig. 49), welche durch Wasser und Salzlösungen (besonders Glaubersalz) trüber werden. Man hat beobachtet, dass im Blute, dessen Körperchen unter dem Mikroskope diese Form annehmen, dieselben sich leichter zu Boden senken. Ob jedoch beide Eigenschaften stets in einem Zusammenhange mit einander stehen und eine gleiche Ursache haben, ist nicht ganz ausgemacht. Die Veranlassungen, welche die Gerinnung des Blutes hindern oder verzögern, scheinen häufig sowohl ein rascheres Sinken der Blutkörperchen als auch Verklebung derselben zur Folge zu haben, wie es z. B. im Blute bei Entzündungen, im normalen Pferdeblute, in dunklem, kohlensäurehaltigem Blute der Fall ist. Im Blute, aus welchem durch Schlagen der Faserstoff entfernt ist, kleben die Kügelchen leicht zusammen, so dass man also wohl annehmen darf, dass das Festwerden des Faserstoffs nichts mit dem Zusammenkleben zu thun hat, vielmehr dasselbe hindert. Auch wenn man

Figur 49.

Geldrollenartig verklebte Blutkörperchen.

1) Vgl. Kölliker in Zeitschr. für wiss. Zool. VII, 183.

Digitized by Google

andere klebrige Substanzen, wie Gummilösung, zum Blute bringt, wird dadurch dies rollenförmige Aufreihen keineswegs befördert. Stoffe, welche das Senken beschleunigen, bewirken nicht immer eine Verklebung, wie z. B. Zucker und Salze. Dagegen müssen sich zusammengereihte Blutkörperchen leichter senken. Man kann also nur sagen, dass unter manchen Umständen die Klebrigkeit der Hüllen der Blutkörperchen zunimmt, ohne deren Ursache zu kennen. Ob eine Verminderung des Fettgehaltes mitwirkt, lassen wir dahingestellt.

483. Der Inhalt der Blutkörperchen besteht wesentlich aus:

a) Proteinsubstanzen, und

b) einem Farbestoff, Hämatin.

Die Proteinsubstanzen hat man mit dem Namen Globulin bezeichnet. Sehr nahe verwandt mit denselben ist der Inhalt der Krystalllinse des Auges. Wird deren Flüssigkeit mit Essigsäure neutralisirt, behutsam getrocknet und der Rückstand mit Äther und Alkohol ausgezogen, so bleibt das Globulin als gelblichweisses Pulver zurück, welches löslich in Wasser ist und durch Erhitzung, Lab und Essigsäure coagulirt. Sowohl das Globulin als das Hämatin sind in den Blutkügelchen im ungeronnenen, in Wasser löslichen Zustande. Durch alle Mittel, welche das Eiweiss zum Gerinnen bringen, gerinnen auch diese Substanzen. — Das Globulin der Blutkörperchen besitzt jedoch die merkwürdige Eigenschaft zu krystallisiren [1]), weshalb ihm von Lehmann der Name Hämatokrystallin statt des frühern Hämatoglobulin gegeben worden ist.

Durch verschiedene Behandlungsarten und aus verschiedenem Blute hat man schon mehre in ihrem Verhalten abweichende Krystalle gefunden, die man mit dem Namen Hämatokrystallin-, Hämin-, Hämatin- und Hämatoidinkrystalle belegt hat.

484. a) Hämatokrystallin wird durch Behandlung des defibrinirten gewässerten Blutes mit O und dann mit CO^2 erhalten (Reichert), am einfachsten so, dass man einen Tropfen cruor (s. p. 226) auf einem Objectgläschen einige Minuten lang der Luft

---

1) Während man in früherer Zeit die Krystallbildung nur anorganischen Substanzen zuschrieb, wurde sowohl im Pflanzen- als Thierreich in neuerer Zeit dieselbe nachgewiesen. Reichert hat zuerst, Müller's Arch. 1849, p. 197, die Blutkrystalle beobachtet, Kölliker sah sie im Milzblute von Fischen; s. Todd cycl. Spleen IV, 792, ich im Menschenblute, welches im Magen von Blutegeln lange geblieben war, vgl. Köln. Zeitung 1850, No. 300. — Funke hat zuerst die Bedingungen zur Krystallbildung genauer studirt (de sang. ven. lien. Lips. 1851. Zeitschr. für rat. Med. N. F. I, 172; II, 198), Kunde (ebendas. II, 271) fand die Krystalle in jedem Blute vorhanden. — Parkes in Medical Times 1852, p. 103. — Berlin in Arch. für d. holl. Beitr. 1857. — Lehmann in Ber. der sächs. Ges. der Wiss. 1852 u. 1853.

Digitized by Google

aussetzt, einen Tropfen Wasser zufügt, einige Mal das Präparat anhaucht, um es mit CO^2 zu versetzen, dann es langsam verdunsten lässt und mit einem Deckgläschen bedeckt. Bisweilen ist ein geringer Zusatz von Alkohol oder Äther zu dem gewässerten Blute unerlässlich (Funke). In der beistehenden Figur 50 sind Krystalle dargestellt, welche nach dieser Methode erhalten wurden. Wenn Blutegel gesogen haben und man drückt nach etwa 14 Tagen das noch im Magen befindliche Blut aus, so erscheint es in geléeartigen, klebrigen Massen, welche aus einer Unzahl von Krystallen bestehen, die ich schon 1851 gefunden und Andern, z. B. Liebig, Donders, Bischof u. A. gezeigt habe.

Figur. 50.

Hämatokrystallin aus Kaninchenblut. 105 Mal vergrössert.

— In der neuern Zeit hat Lehmann [1]) sehr genaue Studien über das Hämatokrystallin gemacht. Es wird nicht wie andere Proteinsubstanzen durch salpetersaures Silberoxyd, Quecksilberchlorid, Zinnchlorür, basisch essigsaures Bleioxyd gefällt, sondern nur durch salpetersaures Quecksilberoxydul und saures chromsaures Kali, aber auch durch Hitze, Alkohol coagulirt. Seine Lösung in Essigsäure wird wie die des Faserstoffs durch Kaliumeisencyanür gefällt. Es enthält 53,4 bis 54,1 C, 7,0 bis 7,3 H, 15,5 bis 16,2 N, 1,2 S. — Lehmann gelang es auch, das Hämatokrystallin frei von dem sehr innig damit verbundenen Farbestoffe darzustellen. Er unterscheidet folgende Krystallformen: die prismatische, tetraedrische, hexagonale, rhomboedrische.

Es ist löslich in Wasser, doch wie es scheint, bei verschiedenen Thieren in verschiedener Art. Das menschliche habe ich in Wasser, Kalien und Säuren leicht löslich gefunden. Seine Asche ist reich an Eisen und Phosphaten.

Die Krystallisation entsteht erst, nachdem der Blutkörpercheninhalt aus seiner Hülle getreten ist. Selten wurde sie innerhalb der Blutkörperchen beobachtet (Kölliker).

485. b) Hämin wurde zuerst von Teichmann [2]) dargestellt. Ein Tropfen Blut wird in einem Uhrgläschen mit 10—15 Tropfen acetum glaciale langsam verdunstet. Es entstehen dadurch die kleinen in Fig. 51 dargestellten rothen, rhombischen Krystalle. Blutflecken an Zeug, Holz u. s. w. können durch dies Mittel gleichfalls

1) Lehmann, Phys. Chem. 2. Aufl. I, 364; II, 151. Bericht der leipz. Ges. 1852, p. 23 u. 78; 1853, p. 101. — Phys. Chemie 1859, p. 182.

2) Teichmann in Zeitschr. für rat. Med., N. F. III, 375; VIII, 141.

Digitized by Google

erkannt werden, was practische Wichtigkeit hat.[1]) — Ein Zusatz von Kochsalz (Brücke) oder Ammoniak (Bojanowski) in sehr kleinen Mengen befördert die Krystallisation.

Figur 51.

Häminkrystalle.

486. c) Hämatin, Blutfarbstoff, ist innig mit Hämatokrystallin verbunden. Man erhält es aus frischem Blute, welches coagulirt, mit der 10fachen Menge schwefelsaurer Natronlösung einige Stunden versetzt bleibt, dann filtrirt wird. Der Rückstand wird mit schwefelsäurehaltigem Alkohol (100 Alkohol, 5 SO_3) wiederholt so lange gekocht, als die Flüssigkeit gefärbt durch das Filter geht. Die braune Flüssigkeit wird mit Ammoniak gesättigt. Man lässt bis auf $^1/_{10}$ verdunsten, setzt die 10fache Menge Wasser zu und bringt einen Tropfen auf ein gedecktes Objectglas. Nach dem Verdunsten erscheinen die Hämatinkrystalle.

Diese Methode beruht darauf, dass nach Lecanu das schwefelsäurehaltige Hämatin auch in kaltem Alkohol gelöst bleibt, während das schwefelsaure Globulin (Hämatokrystallin) zu Boden fällt.

In den Blutkügelchen (nicht im serum), und zwar an das Hämatin gebunden ist Eisen. Dennoch wird das Blut weder von Gallustinctur blauschwarz, noch von Kaliumeisencyanür blau gefärbt, so empfindlich sonst diese Reagentien gegen Eisen sind. Um dies nachzuweisen, ist entweder nothwendig, Chlorgas in Blut streichen zu lassen, wodurch die rothe Farbe des Blutes ganz zerstört und das Blut in eine klumpige weisse Masse verwandelt wird (Engelhardt), oder das Blut einzuäschern oder auch nur zu verkohlen. Wird die durch Chlor entfärbte Masse mit Wasser ausgewaschen oder die Blutkohle mit etwas Salzsäure erhitzt, so entsteht in der durchfiltrirten Flüssigkeit durch Zusatz eines Tropfens Kaliumeisencyanür sogleich die blaue charakteristische Färbung. (Ein vorzügliches Reagens ist auch das Rhodankalium.) Ebenso kann man Eisen in vielen andern organischen Flüssigkeiten, welche alkalisch gemacht

Eisen.

1) Vgl. Berlin in Arch. für holl. Beitr. I, 75. — Brücke in Wien. med. Wochenschr. 1857, No. 28. — Friedberg in Virchow's Arch. XII, 570. — Büchner u. Simon ebendas. XV, 50. — Virchow ebendas. XII, 334. — Bryk in Wien. med. Wochenschr. 1858, No. 42. — Heller, Zeitschr. der Wiener Aerzte 1858, No. 47.

Digitized by Google

worden sind, durch Reagentien nicht entdecken. Bringt man z. B. eine Zuckerlösung in ein Reagenzgläschen, setzt dann einen Tropfen einer Lösung von salzsaurem Eisenoxyd und einige Tropfen liqu. Ammonii caustici hinzu und schüttelt dies wohl zusammen, so wird die gelbbräunliche Flüssigkeit durch Kaliumeisencyanür nicht gebläut (Rose). In welcher Form das Eisen im Blute enthalten sei, ist noch unermittelt. Berzelius [1]) nahm an, es sei als Oxyd mit dem Hämatin verbunden; wie auch andere Albuminate mit Eisenoxyd Verbindungen eingehen, Engelhardt [2]) und Mulder [3]) glauben hingegen, dass es als Metall vorkomme. Schekund nämlich fand, dass wenn man getrocknetes Blut mit SO^3 digerirt und Wasser hinzusetzt, das Eisen unter Entwickelung von Wasserstoff sich mit der SO^3 verbindet, also durch Zerlegung von Wasser O anzieht.

Die frühere Ansicht, dass die Färbung des Hämatin von seinem Eisengehalt herrühre, ist deshalb verlassen worden, weil man den Farbestoff eisenfrei darstellen kann (Mulder, Scherer). [4])

487. d) Hämatoidin, von Virchow [5]) entdeckt, findet sich im Blute der Graaf'schen Follikeln und vielen pathologischen alten Blutheerden; ist nicht, wie Hämatokrystallin in Wasser, auch nicht in Alkohol und Äther, in Alkalien und Säuren nur langsam löslich. — Dieser wahrscheinlich nur eine Modification des Hämatins darstellende Farbestoff ist nach Valentiner mit dem braunen Gallenpigment identisch. Das Hämatoidin kommt theils in amorphen Körnern, theils in rhombischen Säulen, theils in Nadeln vor.

b) Farblose Körperchen im Blute.

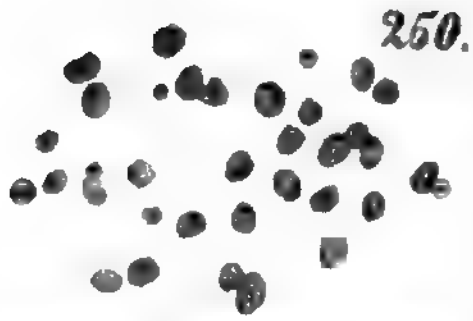
488. Ausser den rothen Blutkörperchen entdeckt man im Blute noch ungefärbte runde, zuweilen etwas ovale, mit einem oder zwei Kernen und kleinen Körnchen. Dieselben geben den weissen Blutkörperchen ein granulirtes Ansehen und verdecken sehr häufig die Kerne so, dass diese erst zum Vorschein kommen, wenn sie mit Essigsäure behandelt werden. Fig. 52. Sie haben eine den Blutkörperchen zuweilen gleichkommende Grösse, sind aber meistens grösser ($^1/_{200}'''$). Wenn man das Sehfeld etwas verdunkelt, auf welchem viele rothe Blutkörperchen liegen, so kann man die wenigen weissen oft deutlich herausfinden, die dann in einem gewissen Glanze erscheinen. Man kann dieselben bis jetzt nicht von den im Eiter,

---

1) Berzelius, Chemie übers. v. Wöhler, B. IX.
2) Engelhardt, De vera mat. sang. purpur. col. impert. natura. Gott. 1825.
3) Mulder, Phys. Chemie.
4) Scherer in Ann. d. Chem. 1841, p. 30.
5) Virchow in Archiv für path. Anat. I, 383.

Digitized by Google

Figur 52.



Farblose Blutkörperchen aus dem Blute eines Leukämischen. 250 Mal vergrössert.

Schleime, Speichel, Chylus und in der Lymphe vorkommenden, nach diesen Flüssigkeiten benannten Körperchen unterscheiden. — Es ist wahrscheinlich, dass sie mit dem Chylus und der Lymphe ins Blut gelangen. Durch Zählung haben verschiedene Beobachter [1]) das Verhältniss derselben zu den rothen Blutkörperchen zu bestimmen gesucht. Das Resultat ist sehr verschieden ausgefallen, was sich erklären lässt, wenn diese Körperchen aus der Lymphe und dem Chylus stammen, da der Zufluss dieser Flüssigkeiten grossen Wechselfällen unterworfen ist. Als Minimum fand Hirt unter 1761 rothen, als Maximum Welcker unter 157 ein weisses. $^1/_2$ bis 1 Stunde nach dem Essen nimmt die Zahl der weissen Blutkörperchen beträchtlich zu, und nach $2^1/_2$ bis 3 Stunden wieder ab; ebenso wurde nach dem Gebrauche von Eisen- und Myrrhentinctur eine ansehnliche Vermehrung beobachtet. Durch Aderlässe, durch Quecksilbergebrauch sollen sie gleichfalls zunehmen. Im Venenblute der Milz sind sie mitunter sehr zahlreich (Kölliker, Funke), so fand Hirt im Blute der a. lienalis auf 2200, der v. lienalis auf 60 rothe 1 weisses. Im Lebervenenblute sollen sie nach Lehmann auch vermehrt sein, was jedoch nicht constant ist, wie Kölliker mit Recht angibt und ich bestätigen kann. Eine bedeutende Zunahme erscheint oft in Krankheiten, so besonders in der Leucämia oder Leukocythaemia [2]). In den thrombi der Gefässe findet man dieselben in sehr grosser Anzahl.

c) Elementarkörnchen.

489. Sehr kleine kaum messbare Körperchen finden sich in zahlloser Menge in der hellen Flüssigkeit, welche über dem Blute steht, das frisch aus der Ader in eine Glaubersalzlösung (1 zu 8 Vol. Wasser) floss. Man nennt sie Elementarkörnchen, ihre Natur ist noch nicht vollständig aufgeklärt. Theilweise wenigstens scheinen sie fein zertheiltes Fett zu sein.

d) Faserstoff. 490–494.

490. Frühestens beginnt die Gerinnung $1^1/_2$ Minuten nach dem Austritte des Blutes aus den Adern: gewöhnlich aber später, in 2 bis 5 Minuten. Es dauert mehre Stunden, oft zwölf und mehr, bis das

---

1) Welcker in Prager Vierteljahrschr. 1854 IV, 11. — Moleschott in Wien. med. Wochenschr. 1854, No. 8, p. 114. — Hirt in Müller's Arch. 1856, p. 174. — Marfels in Moleschott's Unters. z. Naturlehre, 1856, I, 61. — de Pury in Virchows Arch. VIII, 289.

2) Vgl. Virchow in s. Archiv I, 563; III, 587. — Bennet, Leucocythemia or white cell blood. Edinb. 1852.

Digitized by Google

serum sich vollständig von der placenta getrennt hat. Unter dem Mikroskope bildet sich der Faserstoff, Fibrin, in einem Blutstropfen bald in mehr körniger Form, bald faserig. Es hat oft der geronnene Faserstoff eine netzartige Verbreitung und enthält zwischen seinen Maschen eine sehr grosse Menge weisser Blutkörperchen. Ich habe davon in meiner allgemeinen Pathologie, Taf. I, Fig. 1—4 Abbildungen gegeben.

491. Im ungeronnenen Zustande bleibt er meistens nur sehr kurze Zeit. Bisweilen geht vom durchfiltrirten Froschblute nur der liquor sanguinis durch das Filtrirpapier, wenn dasselbe zuvor mit Zuckerwasser befeuchtet war, und die Blutkörperchen bleiben auf dem Filtrum. In der klaren Flüssigkeit gerinnt dann nach einiger Zeit der Faserstoff und lässt sich in Form feiner Fetzen mit einer Nadel aufheben (J. Müller). [1])

Mitunter beobachtet man bei Menschen, dass sich die Körperchen im Aderlassblute senken und eine helle Flüssigkeit oben darüber stehen bleibt, in welcher, nachdem sie abgeschöpft worden ist, die Gerinnung erst später eintritt.

Wenn man Blut frisch in ein Gefäss fliessen lässt, in welchem sich eine Lösung solcher Salze befindet, welche die Gerinnung hemmen, z. B. Glaubersalz, und abwartet, bis sich die Blutkörperchen gesenkt haben, endlich die nebenstehende helle Flüssigkeit mit einer Pipette abhebt und dieselbe mit (Brunnen-) Wasser versetzt, so bildet sich nach einiger Zeit eine geléeartige Masse, welche dem Faserstoff vollständig ähnlich ist.

Damit übereinstimmend scheint die weisse Masse zu sein, welche man aus vollkommen hellem Hühnereiweiss erhält, wenn man dasselbe mit destillirtem Wasser vermischt.

Wenn man das Blut von Menschen oder Säugethieren durchfiltrirt, so gehen die Blutkörperchen durch das Filtrirpapier durch. Wenn man hingegen 1 Volum Blut aus der Vene unmittelbar in ein Gefäss fliessen lässt, in welchem 8 Vol. einer gesättigten Lösung von schwefelsaurem Natron von + 12° C. sich befinden und sodann die Flüssigkeit filtrirt, so geht durch das Filtrirpapier eine leicht gelbliche sog. serofibrinöse Flüssigkeit, welche bis zur Fäulniss durchsichtig ist; die Blutkügelchen bleiben auf dem Filtrum. Dies wird nach Dumas wesentlich dadurch unterstützt, dass man einen Strom von Sauerstoffgas beständig zuleitet. Die Blutkügelchen hingegen, mit Salzwasser ausgewaschen, geben kein Fibrin (Lecanu).

492. Den Faserstoff trennt man vom Blute, indem man dasselbe frisch aus der Ader kommend, mit einem Glasstabe schlägt oder in

1) J. Müller, Phys. I, 115 (3. Ausg.).

Digitized by Google

einer Flasche mit Schrotkörnern schüttelt, wiederholt die faserige Masse auswäscht, bis sie ganz weiss geworden ist. Ebenso scheidet man ihn und wohl noch reiner aus Blutkuchen. — Der so erhaltene Faserstoff wird in einem Beutel in Wasser aufgehangen, um alle Salze und den Farbestoff vollständig zu trennen.

493. Der geronnene Faserstoff wird getrocknet grau, sehr spröde, schwer pulverisirbar. Er ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Äther; löslich in Alkalien, in concentrirter Essigsäure, wird durch Erhitzen mit Salpetersäure gelb, mit Salzsäure bläulich, mit Kali und Kupfervitriol violett.

Derjenige, welcher aus der Lymphe gewonnen wird, ist weicher, als der aus dem venösen Blute, und dieser wieder weicher, als der aus dem arteriellen. Der erstgenannte gerinnt auch erst, wenn er mit der Luft in Berührung gebracht ist. Virchow nennt ihn fibrinogene Substanz.

Derjenige, welcher im Muskelfleische vorkommt, Syntonin genannt, ist vom Blutfaserstoffe dadurch verschieden, dass das Blutfibrin mit Wasser übergossen, welches $^1/_{10}$% Salzsäure enthält, aufquillt, hingegen das Muskelfibrin sich grösstentheils darin löst (Liebig).

Feucht gehaltner Faserstoff geht bald in Fäulniss über. Hierbei zieht er Sauerstoff an, entwickelt CO^2, HN^3, Buttersäure, Schwefelwasserstoff und es entsteht Leucin und etwas Tyrosin. Der umgewandelte Faserstoff wird löslich in Wasser, coagulirt aber wie Albumin in der Hitze (Wurtz).[1] — Auch durch Salpeterwasser (3 auf 50 Wasser) wird Faserstoff bei einer Temperatur von 30—40° löslich und durch Hitze, sowie durch Essigsäure (was beim Albumin nicht der Fall ist) coagulirbar (Denis).[2] Dieselbe Wirkung wie Salpeter haben auch Natr. carbon., Ammon. carbon., Kali sulphur. mit Kali nitr., Kali hydrojod., Kali acet., Ammon. muriat., Baryta muriat. schon nach 24 Stunden (Zimmermann).[3]

Das Fibrin enthält nach

	Scherer:	Mulder:
C	53,571	52,7
H	6,895	6,9
A	15,720	15,4
O		23,5
S	22,814	1,2
Ph		0,3

1) Wurtz in Ann. de ch. et phys. XI, 258.

2) Denis in Arch. de Méd. 1838, Févr. Vgl. auch Scherer in Liebig's Ann. XL, 35.

3) Zimmermann in Caspers Wochenschr. 1843, No. 30, p. 486.

Digitized by Google

494. Die grosse Verwandtschaft des Fibrin zu Albumin ergibt sich aus Obigem. Brücke hält sogar das Fibrin im Blute für nichts Anderes als modificirtes Albumin.

Serum sanguinis. 495—501.

495. Im serum sanguinis sind, abgesehen vom Wasser, folgende Stoffe bis jetzt nachgewiesen worden:

e) Albumin.

496. e) Albumin, vgl. S. 123, auch Serin (Denis)[1]) genannt. Es ist nach Mulder[2]) verschieden von dem Albumin der Eier, dem es sonst gleich ist, durch einen 2 Mal so grossen Schwefelgehalt. Das geronnene unterscheidet sich vom Faserstoff dadurch, dass es das Wasserstoffsuperoxyd nicht zerlegt und nach Scherer nicht, wie Fibrin, CO^2 entwickelt. Ob das Albumin im Serum als eine Verbindung mit Natron (Natronalbuminat), wie Berzelius annimmt, oder durch dreibasisch phosphorsaures Natron gelöst im Blute vorhanden oder frei ist, scheint nicht sicher. Wurtz[3]) hat es frei von Salzen dargestellt, ohne dass es dadurch unlöslich wurde.

Bereitung und Nachweis.

497. Wird das helle Blutwasser (serum) an die Sonne gestellt, so verdunstet das Wasser, und es bleibt eine gelbliche, zerbrechliche Masse zurück, welche hauptsächlich aus Eiweiss besteht, daneben aber noch Salze, Fett und einige andere minder bekannte Stoffe (Extractivstoffe) enthält. Durch Ausziehen mit Alkohol und Äther erhält man das Albumin rein. Es ist löslich in Wasser, coagulirt bei 60° R., sowie durch die andern p. 123 genannten Mittel. Geronnen ist es nur sehr wenig in kochendem Wasser löslich; wohl aber in Alkalien und verschiedenen Säuren.

Das Eiweiss zeigt durch den Polarisationsapparat gesehen eine Drehung nach Links (Becquerel, Hoppe).[4])

f) Casein.

498. f) Casein. Nachdem durch Kochen das Albumin aus dem serum getrennt ist, bleibt noch ein durch Essigsäure coagulirbarer Stoff, den man für Casein, oder doch eine proteinartige Substanz hält.[5])

g) Cholesterin.

499. g) Cholesterin.

h) Fette.

h) Fette Säuren und Fette:[6]) Ölphosphorsäure, Cerebrin-

---

1) Denis, Nouveau étud. chim. sur les subst. alb. Paris 1856.

2) Mulder, Phys. Chemie.

3) Wurtz in Ann. de phys. et ch. 1844, XII, 217.

4) Hoppe in Arch. für path. An. XI, 547.

5) Vgl. Stas in Compt. rend. 1850, XXXI, 629 (Placentarblut). — Panum in Arch. für path. Anat. III, 251; IV, 17. — Natalis Guillot et Lebtaro in C. r. 1850, XXXI, 520 u. 585. — Moleschott in Arch. für phys. Heilk. 1852, p. 105.

6) Vgl. Marcet in Gaz. méd. 1851, p. 530. — Lecanu, Etud. chim. sur le sang. Paris 1837. — Rees in Philos. Mag. 1848, p. 29. — Denis, Rech. exp. sur le sang. Paris 1856, p. 101.

Digitized by Google

säure, Oleinsäure, Margarinsäure — Olein, Stearin, endlich nach Boudet Serolin.

500. i) Traubenzucker (Schmidt).[1] i) Zucker.

Im Blute ist zwar beständig etwas Zucker, jedoch häufig nur in sehr geringer Menge; in der Verdauungszeit scheint er in grösserer Quantität nachweisbar zu sein. Das Lebervenenblut enthält ihn jedoch constant, s. S. 200. Um grössere Mengen von Zucker im Blute zu entdecken, ist die Methode sehr zu empfehlen, welche Bernard anwendet. In einem eisernen Löffel überdeckt man das zu untersuchende Blut mit einer reichlichen Menge krystallisirten schwefelsauren Natrons und erhitzt über einer Spirituslampe. Das Wasser, welches am Boden des Löffels bleibt, wird abgegossen und auf Zucker untersucht, wie S. 143 angegeben.

Die Anwesenheit von Zucker im Blute hat zu der Annahme Veranlassung gegeben (Figuier, Longet, Collin), dass der Leberzucker (S. 199) aus dem durch die Nahrungsmittel dem Blute zugeführten herrühre, und nicht in der Leber bereitet werde, was jedoch keine Wahrscheinlichkeit hat.[2]

501. k) Harnstoff (Marchand).[3] k) Andre in geringer Menge vorkommende organische Bestandtheile des serum.

l) Harnsäure (Garrod).[4]

m) Hippursäure (Robin et Verdeil).[5]

n) Milchsäure (Enderlin).[6]

o) Creatin und Creatinin (Verdeil et Marcet).[7]

p) Farbestoff.

502. Von Salzen, welche im Blute vorkommen, kennt man a) Chlornatrium, b) Chlorkalium, c) phosphorsauren Kalk, d) phosphorsaure Bittererde, e) phosphorsaures Natron; das phosphorsaure Natron geht leicht Verbindungen ein mit eiweissartigen Substanzen, und diese werden dadurch leichter löslich im Wasser. Im Blute herrscht das phosphorsaure Natron, im Fleische das phosphorsaure Kali vor (Liebig); — f) schwefelsaures Natron (Enderlin), g) nach Lehmann auch kohlensaure Salze. Nach Schmidt's Untersuchungen sind in den Blutkörperchen die Kalisalze und Phosphate (phosphorsaures Natron), im Serum dagegen das Chlor in grösserer Menge repräsentirt. — l) Salze des Blutes.

---

1) Schmidt, Charakt. der as. Chol. Leipzig 1850.

2) Man vgl. hierüber die zahlreichen Mémoires in den Compt. rend. 1855 und 1856.

3) Marchand, Phys. Chemie.

4) Garrod, Transact. of med.-chir. Society 1848, XXXV, 83.

5) Robin et Verdeil, Traité de chim. anat. II, 447.

6) Enderlin in Liebig's Ann. 1843, XLVI, 164.

7) Verdeil et Marcet in Journ. de Pharm. 1851, XX, 89.

Digitized by Google

Im Serum ist aber mehr phosphorsaurer Kalk (0,055%), als in den Blutkörperchen (0,021%).

m) Gase im Blute.

503. Gase im Blute. In einer Flüssigkeit können Gase unter zwei Bedingungen enthalten sein, entweder so, dass die Gastheilchen neben und zwischen den Flüssigkeitstheilchen sich befinden, oder so, dass dieselben chemisch mit derselben gemischt sind. Bei der ersten Art der Absorption hängt die Menge des absorbirten Gases von dem Drucke ab, unter welchem dies über der Flüssigkeit befindliche Gas steht, s. S. 104; — bei der zweiten Art üben die Flüssigkeitstheilchen selbst eine Anziehungskraft auf das Gas aus. Die Ursachen, welche in dem einen oder andern Falle bewirken, dass ein Gas entweicht oder aufgenommen wird, sind deshalb sehr verschieden. Wenn z. B. die CO^2 im Blute nur einfach absorbirt und nicht chemisch gebunden wäre, so würde das Blut in einem Raume, welcher in gleichem Volumen Luft mehr CO^2 enthielte, als es selbst, also der äussere CO^2-Druck den im Blute überträfe, CO^2 aufnehmen und im entgegengesetzten Falle CO^2 abscheiden. Wäre ferner im Blute CO^2 chemisch gebunden, so würde ein Stoff, durch welchen die chemische Verbindung aufgelöst würde, die CO^2 zu trennen vermögen. — Man sieht hieraus deutlich genug, wie wichtig die Kenntniss von dem Verhalten der Blutgase ist.

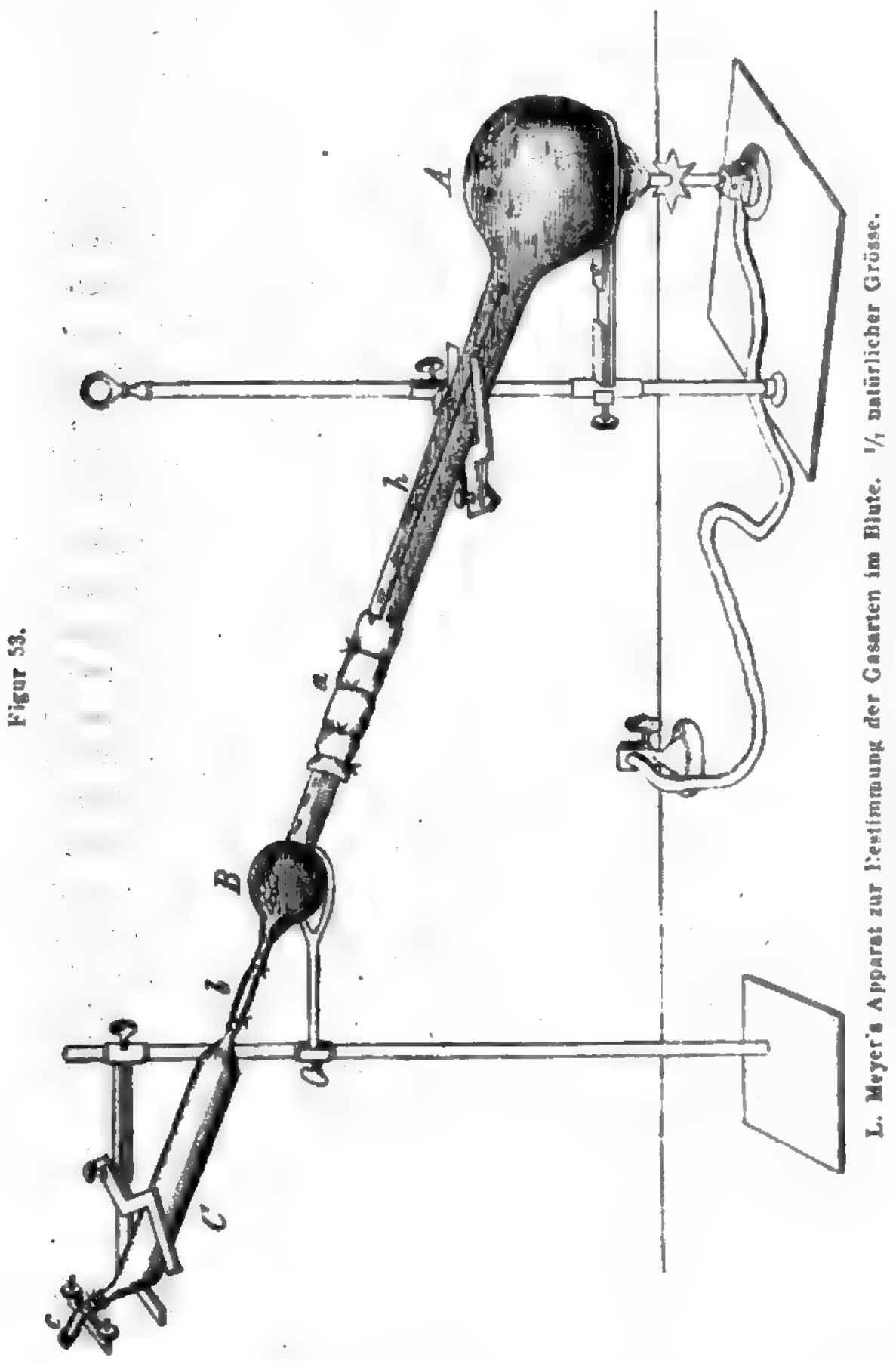
Schon durch Mayow (1674), Vogel, Brande, Davy u. A. wurde gezeigt, dass bei Anwendung der Luftpumpe aus dem Blute Gas zu entwickeln sei. Zahlreiche Versuche folgten bis zur neuesten Zeit. Durch Kochen aus dem Blute, wie aus andern Flüssigkeiten, Gase zu erhalten, gelingt nicht, wegen des starken Aufschäumens und der Gerinnung. In einem luftverdünnten Raume dagegen, in welchem der äussere Luftdruck auf ein Minimum gebracht ist, entweichen die Gase bei gewöhnlicher Temperatur oder geringer Erwärmung. Magnus, [1]) welcher Pferde- (1—5) und Kalbs- (6—9) Blut untersuchte, erhielt in mehren Versuchen folgende Resultate:

	Blutart.	Blutmenge.	Luftmenge.	O.	N.	CO^2.
1.	venöses	205 C. C.	12,2 C. C.	2,3	1,1	8,8
2.	„	195 „	14,2 „	2,5	1,7	10,0
3.	„	170 „	18,9 „	2,5	4	12,4
4.	arterielles	130 „	16,2 „	4,1	1,5	10,7
5.	„	122 „	10,2 „	2,2	1,0	7,0
6.	venöses	153 „	13,3 „	1,8	1,3	10,2
7.	„	140 „	7,7 „	1,0	0,6	6,1
8.	arterielles	123 „	14,5 „	3,5	1,6	9,4
9.	„	108 „	12,6 „	3,0	2,6	8,0

1) Magnus in Pogg. Ann. LVI, 177.

Digitized by Google

Hiernach ist $^1/_4$ bis $^1/_5$ O von der gefundenen CO^2 im venösen, hingegen mehr als $^1/_3$ O im arteriellen Blute. Wie viel die absolute Menge von Luft im Blute ausmache, ist auf directem Wege desshalb nicht genau zu bestimmen, weil das Blut sich eher zersetzt, als alle Luft aus ihm entwichen ist. — In den Versuchen von Magnus wurde mehr Luft aus arteriellem als venösem Blute erhalten: aus 100 C.C. arteriellen Bluts entwichen 11 C.C. Luft, aus 100 C.C. venösen Bluts nur 7,6 C.C. Luft.



Figur 53. L. Meyer's Apparat zur Bestimmung der Gasarten im Blute. $^1/_7$ natürlicher Grösse.

Auf 100 Volum Blut kommen nach Magnus und Magendie etwa 10—12 Vol. O, 66 Vol. CO^2, wenn es arteriell, 78 Vol. CO^2,

Digitized by Google

wenn es venös ist, und 1,7—3,3 N. Als eine sehr gute Methode Blutgase zu analysiren, empfiehlt sich die von L. Meyer[1]) angewandte.

Der Kolben *A* Fig. 53 (S. 239) nebst seinem genau getheilten Halse *h* wird mit siedend heissem destillirtem Wasser gefüllt, dieses 1 Stunde lang zur Austreibung aller absorbirten Luft in lebhaftem Kochen erhalten, dann ein Gummischlauch *a* auf den Kolbenhals gesteckt, dieser mit einer seidenen Schnur zugebunden und sein Lumen mit einem passenden Glasstöpsel verschlossen. Der Kolben, in dem nun keine Luft mehr enthalten ist, wird mit seiner Mündung unter ausgekochtes Wasser bis zu seinem Gebrauch gelegt. — Man bringt nun in eine Arterie (carotis) von einem Thiere eine mit einem Hahne und einem Gummischlauche verbundene Kanüle ein, öffnet den Hals des senkrecht stehenden Kolbens, nimmt mit einem Heber den grössten Theil des Wassers aus dem Halse, notirt dessen Stand, verbindet ihn unter Wasser mit dem Schlauche der Kanüle, öffnet den Hahn und lässt das Blut, welches gar nicht in Berührung mit Luft kommt, in den Kolben fliessen. Nachdem abermals der Stand des Wassers im Kolbenhalse abgelesen ist, füllt man rasch mit bereit gehaltenem luftfreiem Wasser den Kolben vollständig an und verschliesst ihn dann. Man kennt nun die Menge des eingeflossenen Blutes, dessen Gase man zu bestimmen beabsichtigt. — Die in zwei Röhrenenden auslaufende kleine Kugel *B* ist über die Hälfte mit ausgekochtem destillirtem Wasser gefüllt. Sie wird mit dem am Halse von *A* befindlichen Gummischlauche in Verbindung gesetzt, ohne aber noch die Mündung von *A*, welche mit einer Klemme verschlossen ist, zu öffnen. Man kocht das Wasser in *B*, der sich bildende Dampf treibt die Luft vollständig aus. Verschliesst man dann das Ende von *C*, kühlt ab, bis sich der Wasserdampf niedergeschlagen hat, so hat man in *B* und *C* einen luftleeren Raum. Nun öffnet man die Verbindung von *B* und *A*. Durch eine geringe Erwärmung geräth die Flüssigkeit in *A* ins Kochen und die Gase entweichen nach *C*, welches mit Eudiometerröhren zur Untersuchung derselben in Verbindung gebracht wird.

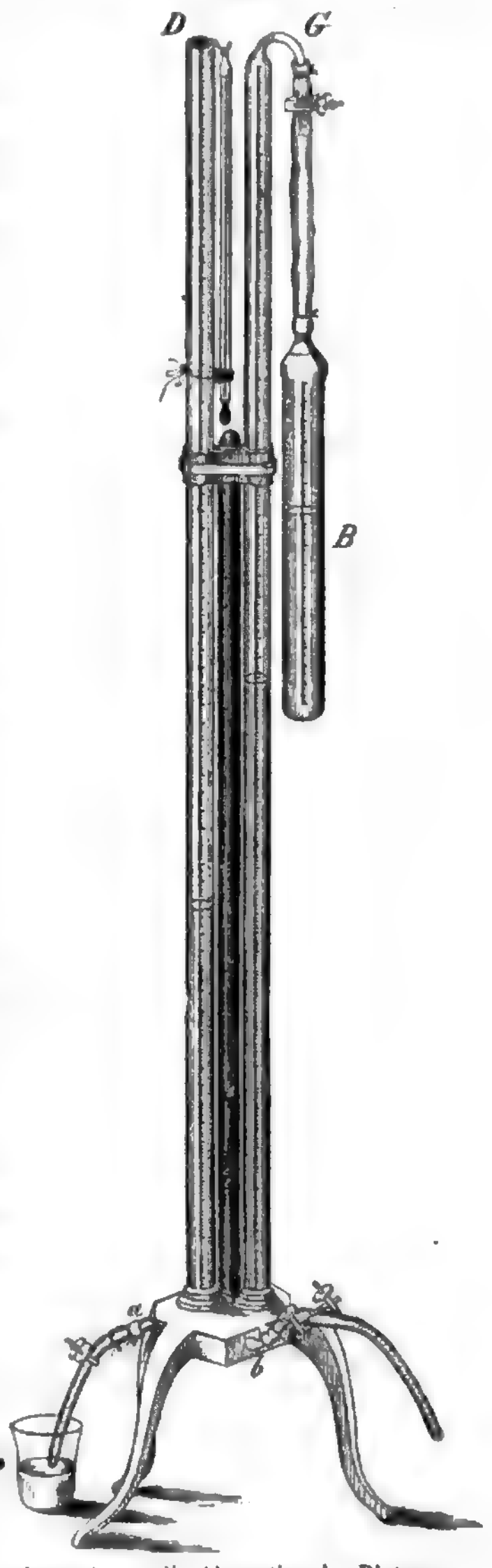
---

1) Lothar Meyer in Henle und Pfeufer's Zeitschr. 1857, VIII, 256.

Digitized by Google

Um zu untersuchen, nach welchen Gesetzen die Gase absorbirt werden, gebrauchte Meyer den in Fig. 54 dargestellten Apparat. In einem gusseisernen Dreifusse sind 2 Glasröhren (700^{mm} lang, 15^{mm} weit) eingeschraubt, welche mit einander und mit den kurzen Glasröhren *a* und *b* innerhalb des Fusses in Verbindung stehen. Die hakenförmig umgebogene Röhre *G* dient zur Aufnahme der Gase, *D* zur Regulirung des Druckes, *a* zum Auslassen des als Sperrflüssigkeit gebrauchten Quecksilbers, *b* zum Einführen der Gase, *B* zur Aufnahme des Blutes, an *D* ist ein Thermometer angebracht. — Nachdem das Blut in *B* vollkommen luftleer gemacht ist, wird die Röhre mit *G* verbunden und durch eine über einen Kautschucschlauch gelegte Klemme abgeschlossen. *D* und *G* sind mit Quecksilber gefüllt und alle Luft wird sorgfältig entfernt. In den Schlauch, der mit *b* in Verbindung steht, lässt man das zur Absorption dienende Gas eintreten, welches in *G* aufsteigt, während Quecksilber durch den Schlauch von *a* ausfliesst. Das Nähere muss a. a. O. S. 276 nachgelesen werden.

Figur 54.



Apparat, um die Absorption der Blutgase zu untersuchen, von L. Meyer. 1/2 wirklicher Grösse.

Aus den an 2 Hunden angestellten Versuchen ergab sich, dass 100 Vol. Blut freie, durch Kochen austreibbare Gase enthalten:

Versuch I:	12,43 O,	2,83 N,	5,02 CO^2.
„ II:	14,29 „	5,04 „	6,17 „
„ III:	18,42 „	4,55 „	5,28 „

Es zeigte sich ferner, dass ein Theil der CO^2 im Blute chemisch gebunden sei. Dieser wurde erhalten, indem einige Krystalle von Weinsäure in den Kolben *A* Fig. 53

Digitized by Google

gebracht und die Procedur wiederholt wurde. Die gebundene CO^2 betrug in

Versuch I: 28,61; II: 28,58; III: 20,97; demnach die gesammte CO^2 in I: 34,23; II: 34,75; III: 26,25.

Wird völlig luftfrei gemachtes Blut mit CO^2 geschüttelt, so steigt zwar die Gasabsorption mit zunehmendem Drucke, jedoch nicht in einem dem Drucke entsprechenden Verhältnisse. Hieraus ergibt sich also gleichfalls, dass ein Theil der aufgenommenen CO^2 dem Absorptionsgesetze folgt, ein anderer vom Drucke unabhängig ist.

Nach Magnus kann Blut das $1^1/_2$fache Volumen CO^2, nach L. Meyer sogar (bei Atmosphärendruck und 11—12° C.) 187,3 Vol. davon aufnehmen.

Hinsichtlich des Sauerstoffs nimmt Meyer an, dass der grösste Theil chemisch gebunden sei, wie schon Liebig [1]) gelehrt hatte. 1000 Volum Wasser nehmen $9^1/_4$ O und $18^1/_2$ N auf (Gay-Lussac), 1000 Volum Blut hingegen 100—130 O und 17—33 N (Magnus). Hieraus ist es von vornherein unwahrscheinlich, dass der Sauerstoff blos absorbirt sei. Es hat sich aber auch gezeigt, dass defibrinirtes, unter der Luftpumpe luftfrei gemachtes Kalbsblut beinahe gleichviel O bei einem Drucke von 0,5872^{mm}, wie von 0,8357^{mm}, und bei einer Temperatur von 21,1—21,7° C. (Meyer) aufnahm. Die Bewohner von sehr hohen Gegenden, z. B. von Potosi in Bolivia, 12600′ über dem Meere, athmen ein viel weniger dichtes O ein als die Meeresbewohner, ohne dass dadurch ein bemerkbarer Einfluss auf die Lebensfunctionen eintritt (Liebig). Je wässriger das Blut, je mehr also der Stoff, welcher das O bindet, vermindert wird, desto weniger O kann das Blut wirklich aufnehmen (Meyer). — Der Sauerstoff ist nur locker im Blute gebunden und verlässt dasselbe leicht; mischt man hingegen Blut mit Säure (Weinsäure), so wird das O viel stärker zurückgehalten (Meyer).

2) Eigenschaften des Gesammtblutes. 504—514.

Blutgerinnung. 504—505.

504. Gerinnung des Blutes.[2]) Das aus der Ader fliessende Blut wird nach wenigen Minuten geléeartig, sodann erscheinen gelbe Tropfen auf seiner rothen Decke, mit deren Zunahme das Blut sich

1) Liebig in s. Annal. 1851, LXXIX, 113.

2) Man vgl. aus der reichen Literatur besonders folgende Schriften:
Prevost et Dumas in Meckels Arch. VIII. — Schröder van der Kolk, De sanguin. coag. Gron. 1820. — Hewson, Inquir. into the prop. of the blood. Lond. 1772. — J. Davy in Meckel's Arch. I, 117. — Thakrah, Inqu. into the nat. and prop. of the blood. Lond. 1834. — Prater, Exper. inqu. in chemic.

Digitized by Google

vom Gefässrande losreisst, bis nach 12—24 Stunden im Serum der Blutkuchen schwimmt. In einem frischen Blutstropfen unter dem Mikroskope bilden sich feine Fäden, welche aus Körnchen hervorzugehen scheinen und die dichten Blutkörperchen netzartig verbinden.

Es gibt Stoffe, welche, dem frischen Blute zugesetzt, dasselbe flüssig erhalten. Dazu gehören Alkalien und manche Salze. $^1/_{1000}$ kaustisches Natron oder Kali hat schon diese Wirkung; nach Richardson soll 1 Theil Ammoniak 6000 Theile Blut flüssig erhalten, was indess mit frühern Beobachtungen von Prater und Nasse nicht übereinstimmt. — Von alkalischen und erdigen Salzen verdienen folgende besonders genannt zu werden: kohlensaures Natron, Kali und Ammoniak, schwefelsaures Natron, Kali und Magnesia, salzsaurer und salpetersaurer Baryt, weinsteinsaures Kali, — weniger sicher sind Chlornatrium, salpetersaures Kali und Natron.

Durch Zusatz dieser Mittel setzen sich nach einiger Zeit (1—3 Tagen) mehr oder minder vollständig die Blutkörperchen zu Boden und es bleibt eine helle gelbliche Flüssigkeit darüber stehen. Diese Flüssigkeit, welche man durch Glaubersalz (8 Volumina einer concentrirten Lösung auf 1 Blut) sehr gut darstellen kann, zeigt unter dem Mikroskope eine unzählbare Menge sog. Elementarkörnchen (p. 233), sowie wenige vollständige und verkümmerte Blutkörperchen. Setzt man destillirtes Wasser zu, so entsteht bald (oft erst nach Tagen) eine Wolke, welche auf dem Filtrum als weisse membranartige Masse zurückbleibt. Sie zeigt sich nicht wesentlich vom Faserstoff verschieden, weder unter dem Mikroskope, noch durch chemische Mittel. Jedoch ist sie leichter löslich.

Ob sich durch diese Mittel der Faserstoff im Augenblicke des Gerinnens gleich wieder auflöst, oder ob eine neue lösliche Verbindung gebildet wird, ist noch nicht bekannt.

Setzt man hingegen dem Blute solche Stoffe nicht zu, so kann die Gerinnung wohl unter Umständen verzögert, aber nicht aufgehoben werden. Solange Blut gefroren ist, unterbleibt die Gerinnung, welche beim Aufthauen sodann eintritt. — Es wird angegeben, dass das Menstruationsblut, sowie dasjenige vom Blitze Erschlagener, asphyktisch Gestorbener, auch das von sog. Blutern ungerinnbar sei. Ich habe wiederholt Blut menstruirender Frauen in festen, geronnenen Klumpen gesehen; bei einem Mädchen, welches vom Blitze

---

Phys. Lond. 1832. — Nasse in Wagner's Handw. I, 102. — Brücke in Virchow's Arch. XII, 81. — Richardson, The cause of the coagulation of the blood. Lond. 1858. - Cohn, Klinik der embol. Gefässkh. 1860, p. 42. — Zimmermann in Archiv für phys. Heilk. 1847, p. 53; in Moleschott's Unters. zur Naturl. I, 133; II, 207.

Digitized by Google

erschlagen war, habe ich kurz nachher Blut aus einer Hautvene des Armes genommen, welches gleichfalls geraun. Bei einem Knaben, welcher einer Bluterfamilie angehörte und auch in Folge einer Verblutung starb, gerann das Blut und in dem Herzen der Leiche fanden sich Coagulationen. — Man kann also Behauptungen der angegebenen Art wenigstens nicht ausnahmslos als richtig ansehen.

Nach Lehmann soll das Blut der Lebervenen faserstofflos sein, also auch nicht gerinnen.

Luftzutritt scheint die Gerinnung zu beschleunigen, sie tritt wenigstens eher ein, wenn das Blut im Strahle ausfliesst, als wenn es am Körper herabläuft, eher wenn es in weiten Gefässen aufgefangen wird, als in engen. Indess bleibt sie auch bei sorgfältigster Abhaltung der Luft nicht aus.

Feste Körper, in den Blutstrom gebracht, bewirken, dass an ihnen der Faserstoff gerinnt. Man hat dies z. B. von Quecksilberkügelchen bemerkt, um welche sich coagulirte Masse angesetzt fand. — Die Gerinnung soll ferner durch Zusatz von einer geringen Menge Wasser, sowie von verschiedenen Salzlösungen, z. B. Kochsalz, Zucker u. s. w., durch erhöhte Temperatur befördert werden. Bei stark ätherisirten Thieren finde ich die Gerinnung schwerer eintreten, als unter gewöhnlichen Verhältnissen.

Ursache der Gerinnung.

505. Durch welche Ursachen die Blutgerinnung eintritt, ist noch nicht aufgeklärt. Man hat zwei Hypothesen über das Wesen des geronnenen Faserstoffs festgestellt. Einige Forscher glauben, der Faserstoff sei im Blute gelöst und nach dem Tode werde das Lösungsmittel zerstört; die andern sind der Ansicht, im geronnenen Faserstoffe sei nur eine andere Lagerung der kleinsten Theilchen vorhanden. Für die erstere Annahme ist neuerlich Richardson aufgetreten. Er fand, wie schon früher Zimmermann, im Blute Ammoniak, welches das Fibrin gelöst erhalte, und dessen Entweichen nach dem Tode das Festwerden des Faserstoffes bedinge; — wogegen freilich die Beobachtung spricht, dass von der Luft abgesperrtes Blut doch gerinnt. — Zimmermann hält die Gerinnung für einen Zersetzungsprocess, der durch alle Verwesung fördernden Substanzen unterstützt würde, wie etwa auch bei der Gährung eine Umlagerung der Atome durch Contactwirkung erfolge. — Thakrah und Brücke nehmen an, dass durch den (unbekannten) Einfluss der lebendigen Gefässwand auf das Blut das Gerinnen aufgehalten würde. Blut im Herzen und in den Gefässen erhält sich nämlich nach dem Tode viel länger, als in Glasröhren, was besonders bei kaltblütigen Thieren auffallend ist. — Indess kann das Blut in Gefässen ungeronnen bleiben, wenn Neubildungen innerhalb des Gefässcanals entstanden sind und das Blut gar nicht mit der normalen Wandung in Berüh-

Digitized by Google

rung steht. — Nach Cohn entsteht überall Coagulation, wo eine Agglomeration von Blutkügelchen vorhanden ist, ebenso wie dies geschieht, wenn fremde Körper in den Blutstrom gebracht werden. Diese Ursache wirke gleich im Leben wie im Tode. — Nach Headland geriunt der Faserstoff nach dem Tode durch Bildung von Milchsäure, welche nach dem Tode sich anhäufe, im Leben wieder oxydirt werde.

506. Färbung des Blutes. Es ist höchst wahrscheinlich, dass der Farbestoff des Blutes ursprünglich dunkelroth ist und durch verschiedene Einflüsse, wie das auch bei andern rothen Farbestoffen der Fall ist, hellroth werden kann. Blutfarbung.

Nach dem Tode verliert das Blut allmählig seine hellere Färbung und erlangt dieselbe nicht wieder. Bei Embryonen ist es dunkel und dasjenige der Nabelarterie und Nabelvene bei Menschen und Thieren nicht verschieden, an der Luft hingegen wird dasselbe hellroth, arteriell. Nach der Geburt entsteht erst die Farbenverschiedenheit des Arterien- und Venenblutes. Bei Fischen, welche in einem Medium athmen, das in 100 Theilen nur 1 Theil Sauerstoff enthält (in der atmosphärischen sind 21%), findet sich auch noch kein Unterschied zwischen arteriellem und venösem Blute (I. Müller). [1]) Das dunkelrothe Venenblut wird, mit Sauerstoff geschüttelt oder nur an die Luft hingestellt, hellroth. Der Blutkuchen ist an seiner Oberfläche hellroth, auf dem Durchschnitte schwarz. Dieser Farbenwechsel lässt sich bei frischem Blute mehrmals wieder erzeugen. Ebenso wirkt Sauerstoff beim Athmen, indem das in die Lungen einströmende dunkle Blut als helles dieselben verlässt. Umgekehrt macht Behinderung des Athmens, durch welche weniger Sauerstoff eingezogen wird und die CO^2 im Bluto zurückbleibt, wie bei Verengerung des Respirationscanals, nach Durchschneidung der n. vagi das Blut in den Arterien dunkelblau. Blut unter der Luftpumpe wird dunkel, ebenso wenn es mit destillirtem Wasser, oder mit Säuren, ferner mit Alkohol, besonders aber auch mit schleimigen Dingen, z. B. Quittenschleim, gummi arabicum, vermischt wird. — Wenn durch die Wandungen der Capillargefässe des Körpers CO^2 zum Blute tritt, wird dasselbe dunkel, venös. Läuft das Blut daher mit grösserer Geschwindigkeit durch die Capillargefässe und kann nicht genug CO^2 aufnehmen, so ist es in den Venen heller. So ist es z. B. während der Absonderung in dem Drüsenblute der Fall (Bernard). — Das arterielle Blut mit Kohlensäure geschüttelt, wird venös. Das dunkle Blut wird an der Luft zwar hell, weil es seine Kohlensäure verliert, aber mehr desshalb, weil es Sauerstoff aufnimmt. Das Blut kann

1) I. Müller, Phys. 4. Ausg. I, 246.

Digitized by Google

viel Kohlensäure enthalten und doch hell werden durch Zutritt von Sauerstoff, und kann dunkel bleiben, trotzdem dass es seine Kohlensäure abgegeben hat. — Alkohol treibt die Kohlensäure aus, und doch bleibt das Blut dunkel. Salze hellen dasselbe auf, worüber von Lehmann zahlreiche Untersuchungen vorliegen; Kohlenoxydgas macht das Blut hellkirschroth (Hoppe). [1])

Da der Blutfarbestoff in den rothen Blutkörperchen enthalten ist, so wirkt natürlich eine Verminderung derselben mit gleichzeitiger Vermehrung der weissen (wie bei Leukämie) auf die Blutfärbung; dann aber hängt viel davon ab, ob die Hülle der rothen Blutkörperchen mehr oder weniger durchsichtig ist Im erstern Falle wird die dunklere Farbe deutlicher werden, daher z. B. bei Vermischung mit Wasser, durch welches die Hülle ausgedehnt wird, im zweiten Falle weniger intensiv erscheinen. Salze ziehen die Hülle zusammen, weshalb die dunkle Farbe minder hervortritt. Auf diese physikalische Ursache wurde zuerst von Henle [2]) hingewiesen. Er vergleicht die durch Wasser ausgedehnten Blutkörperchen mit Convexspiegeln und diejenigen, bei welchen durch Salze die Aushöhlung stärker hervortritt, mit Hohlspiegeln. — Dieselbe Erklärungsweise suchte auch Harless [3]) auf die Einwirkung des O und der CO^2 anzuwenden, indem er, wie früher C. H. Schultz, [4]) fand, dass der Sauerstoff die Froschblutkörperchen contrahirt, die CO^2 sie expandirt. Diesen Angaben entsprechen nicht die Beobachtungen von I. Müller [5]) und Moleschott, [6]) und ich konnte auch eine solche Veränderung bei menschlichen Blutkörperchen nicht wahrnehmen. Vermischt man Blut mit Wasser, so werden die Körperchen zerstört, die rothe Farbe wird aber auch dann noch durch O erhöht, durch CO^2 verdunkelt (Bruch), [7]) wobei also die Hüllen nicht in Betracht kommen.

---

1) F. Hoppe in Archiv für path. Anat. XI, 258.

2) Henle, Allgem. Anat., p. 440.

3) Harless über den Einfluss der Gase auf die Form der Blutkörp. von Rana temp. Erlangen 1846.

4) C. H. Schultz, Syst. der Cirk. Stuttgart 1836, p. 27.

5) I. Müller, Phys. 4. Ausg. I, 101.

6) Moleschott in Münchener ill. Zeitung 1853.

7) Bruch in Zeitschr. für rat. Med. I, 440; III, 308. — Zeitschr. für wiss. Zool. IV, 373.

Ausser den angeführten Schriften sind noch zu vergleichen: Hewson exper. inqu. Lond. 1774. — Lehmann, Phys. Chemie II, 160. — Scherer, Zeitschr. für rat. Med. I, 288. — H. Nasse in Wagner's Handw. I, 97. — Mulder, Vers. e. allgem. phys. Chemie. Braunschw. 1844, p. 353. — Heidenhain, Disquis. crit. de sang. quant. Halle 1857. — Foller in Henle und Meissner's Jahresber. 1857, p. 243.

Digitized by Google

Somit scheint es, dass die verschiedne Blutfärbung theils aus einer veränderten Lagerung der feinsten Blutfarbestofftheilchen hervorgeht, — wie man dies auch von anorganischen Substanzen kennt, z. B. Quecksilberjodid erscheint gelb und durch Erschütterung roth —, theils aus einer chemischen Verbindung, Oxydation und Desoxydation (— ähnlich werden heisses Siegellack und andere dunkelrothe Farbestoffe an der Luft hellroth). Durch viel CO^2 gebräuntes Blut erscheint doppelt farbig, dichroitisch, in sehr dünnen Schichten saftgrün, in dicken Lagen bräunlich (Brücke).[1])

Wärme des Blutes.

507. Das Blut ist 28—31° R. warm, das in den Arterien wärmer als in den Venen. Nur das Lebervenenblut ist nach Bernard wärmer, als das Aortenblut; s. auch p. 250, Anm.

Geruch des Blutes.

508. Der Geruch des Blutes ist eigenthümlich, er soll bei Männern stärker als bei Frauen sein, stärker bei robusten als schwachen Individuen (H. Nasse), und seine Eigenthümlichkeit soll sich durch Zusatz von Schwefelsäure deutlicher erkennen lassen, so dass man in gerichtsärztlichen Untersuchungen Menschen- und Thierblut auf diese Weise unterscheiden könne (Barruel).

Specifisches Gewicht.

509. Das specifische Gewicht des Blutes ist, das Wasser = 1 genommen, im Mittel = 1,055; das vom serum = 1,028.

Function des Blutes. 510—514.

510. Die flüssigen Theile des Blutes geben den Körperorganen ihre constituirenden Bestandtheile. Jedoch darf man nicht annehmen, dass die letzteren genau so im Blute vorhanden sind, der Form und Mischung nach, wie sie in den Organen erscheinen. Es ist hierüber noch nicht viel bekannt, jedoch weiss man, dass der Blutfaserstoff und der Muskelfaserstoff nicht identisch sind, s. p. 235. Der phosphorsaure Kalk ist im Blute höchst wahrscheinlich mit Eiweiss verbunden, wodurch er gelöst erhalten wird, während er in den so gut wie eiweissfreien Knochen ungelöst ist. — Das Fett im Blute ist wahrscheinlich zum grössern Theile in der Form fetter Säuren, während es in dem Körper als neutrales Fett vorwaltet.

Blutentziehungen.

511. Die Blutentziehung beraubt natürlich die Organe ihres Nahrungmaterials, aber theils ist damit nur eine allmählige Zerstörung der Theile verbunden, theils aber kann aus den überall im Körper vorhandenen, der Blutflüssigkeit wesentlich ähnlichen Transsudaten eine Zeit lang dem Blute Ersatz geleistet werden. — Anders hingegen verhält es sich mit den festen Blutbestandtheilen, den Blutkörperchen. Sie sind die wichtigsten Träger des Sauerstoffs, den der lebende Körper viel weniger lange entbehren kann. Blutverluste sind auch hauptsächlich dieser Ursache wegen so sehr schädlich und ziehen in

---

1) Brücke in Sitzungsber. der Wien. Akad. X, 1070; XIII, 485.

Digitized by Google

grösserer Ausdehnung angewendet den Tod nach sich. — Es hängt von der Grösse des Athembedürfnisses einestheils, und von der Raschheit des Wiederersatzes andrerseits die geringere oder grössere Gefahr der Blutentziehungen ab. Amphibien und Fische, welche weniger O verbrauchen, ertragen sie leichter als Säugethiere, und diese mehr als Vögel. Kinder können weniger Blut verlieren als Erwachsene. Bei häufig athmenden Thieren scheint der Tod rascher zu erfolgen, als bei seltner athmenden. Bei einem Hunde trat der Tod durch Verblutung erst ein, nachdem die Blutkörperchen um die Hälfte vermindert waren, bei Kaninchen schon bei einem Verluste von $^1/_3$ (Vierordt). [1]) — Bei erwachsenen Menschen hält man den plötzlichen Verlust von 4—6 Pfd. für todbringend. — Allmählig kann eine viel grössere Menge innerhalb weniger Tage entzogen werden, wovon Haller merkwürdige Beispiele angibt.

Ersatz des Blutes.

512. Der Ersatz der Blutkörperchen scheint im Allgemeinen langsam von Statten zu gehen. Nach grossen Blutverlusten dauert es bei den meisten Menschen viele Monate, ehe die frühere Körperkraft zurückgekehrt ist. Jedoch herrscht hierin eine grosse Verschiedenheit, was von der individuellen Verdauungs- und Assimilationsthätigkeit herrührt. — Moleschott und Marfels [2]) geben an, dass Hammelblutkörperchen, welche in den Magen von Fröschen gebracht wurden, sich noch nach einem Monate im Blute derselben wieder erkennen lassen. Hingegen fand Magendie [3]) im Vogelblute schon nach einem Tage Säugethierblut nicht wieder. — Im Blute, welches bei Körperwärme aufgehoben wird, sieht man nach 8, oft nach 14 Tagen und selbst noch länger vollständig gut erhaltene Blutkörperchen. — Bei hungernden Thieren nimmt die Menge der Blutkügelchen beträchtlich ab, diese werden blass und durchsichtig. [4])

Wirkung des Blutes auf Nerventhätigkeit.

513. Nach Unterbindung der aorta abdominalis entsteht in der kürzesten Zeit bei Säugethieren unterhalb der unterbundenen Stelle Gefühl- und Bewegungslosigkeit, s. B. III in dem Abschnitte: Muskelbewegung.

Transfusion.

514. Einspritzen von Blut (Transfusion) bei Thieren, bei welchen grosse Blutentziehungen gemacht worden sind, belebt dieselben von Neuem. Es hat sich bei diesen Versuchen gezeigt, dass ein Thier am Besten die Transfusion verträgt, wenn das Blut von einem andern derselben Art genommen, wenn das eingespritzte seines Faserstoffs

---

1) Vierordt in Archiv für phys. Heilk. 1854, p. 273.
2) Moleschott und Marfels in Moleschott's Unters. 1856, I, 52.
3) Magendie in Leçons sur le sang. Paris 1838, p. 305.
4) cf. Donders und Moleschott in holl. Beitr. Düsseldorf u. Utrecht 1840, p. 360 fg. — Nasse in Wagner's Handw. I, 215.

beraubt worden, und endlich wenn es nicht venös, sondern arteriell ist. [1])

2) Quantität der einzelnen Blutbestandtheile und des Gesammtblutes. 515—520.

1) Der einzelnen Blutbestandtheile. 515—518.

Blutanalyse.

515. Die Blutanalyse zeigt dadurch die grösste Schwierigkeit, dass man die Blutkörperchen von der Blutflüssigkeit und selbst vom Faserstoff nicht scharf zu trennen vermag. Durch Schlagen des frischen Blutes erhält man nicht die ganze Menge von Faserstoff, kleine Partikelchen bleiben an den Blutkörperchen haften. Doch ist dies noch nicht so einflussreich als das serum sanguinis. Wenn man nämlich das Blut zur Gerinnung bringt, so geht stets ein Theil des serum in den Kuchen und bei Weitem nicht alles scheidet sich aus. Selten sind die Fälle, in welchen der Faserstoff erst gerinnt, wenn sich die Blutkügelchen sämmtlich gesenkt haben. — Unter den Analysen, welche am Meisten den Zweck der Trennung der Blutkügelchen im Auge hatten, verdienen die von Zimmermann, [2]) Hoppe, [3]) Schmidt, [4]) Prevost und Dumas, [5]) Scherer [6]) hervorgehoben zu werden. Figuier [7]) trennt durch Salze das plasma von den Körperchen, eine Methode, welche von Dumas u. A. weiter befolgt wurde.

516. Nach Schmidt enthalten 1000 Theile

Blutkörperchen		Blutflüssigkeit	
Wasser	688,00	. . . . .	902,90
Feste Bestandtheile	312,00	. . . . .	97,10
Specifisches Gewicht	1,0885	. . . . .	1,028
Hämatin	16,75	Fibrin	4,05
Globulin u. Zellenmembran	282,22	Albumin	78,8
Fett	2,31	. . . . .	1,72
Extractivstoffe	2,60	. . . . .	3,94
Mineralstoffe (ohne Eisen)	8,12	. . . . .	8,55

1) Von den zahlreichen Schriften über Transfusion heben wir folgende hervor: Blundell in Medico Chir. Transact. 1818, IX, 56. — Prevost et Dumas in Ann. de chim. 1821, XVIII, 294. — Dieffenbach, Transfus. des Blutes. 1828, und in Rusts Magaz. 1830. — Bischoff in Müller's Archiv 1835, p. 347; 1838, p. 351. — Brown-Séquard in Compt. r. 1851, XXXII, 855; 1855, XLI, 629.

2) Zimmermann, Die Methode der Blutanalyse. Hamm 1855.

3) F. Hoppe in Archiv für path. Anat. XII, 485.

4) Schmidt, Charakt. der epid. Cholera. Dorpat 1846.

5) Prevost und Dumas in Ann. de chim. et phys. 1823, XXX, 50.

6) Scherer, pathol.-chem. Unters.

7) Figuier in Ann. de Chim. et Phys. 1844, XI, 503.

8) Dumas ibid. 1846, XVII, 452.

Digitized by Google

Blutkörperchen		Blutflüssigkeit	
Chlor	1,686		3,644
Schwefelsäure	0,066		0,115
Phosphorsäure	1,134		0,191
Kalium	3,328		0,323
Natrium	1,052		3,341
Sauerstoff	0,667		0,403
Phosphorsaurer Kalk	0,114		0,311
Phosphorsaure Talkerde	0,073		0,222

Wenn man die normale Blutmenge eines Erwachsenen zu 12 Pfund annimmt, so führt mithin das Blut ungefähr

9 bis 10 Pfund Wasser,
0,8 bis 1 Loth Faserstoff,
$^3/_8$ Pfund Eiweiss,
$1\,^1/_2$ Pfund Blutroth,
1 bis 2 Loth Fett,
$^1/_2$ bis 1 Loth Extractivstoffe,
$^1/_8$ Pfund Salze,
(Eisen 50 Gran.)

Arterielles und venöses Blut.

517. Die Unterschiede zwischen arteriellem und venösem Blute sind folgende: a) Farbenunterschied (s. p. 245); b) die Verschiedenheit der Auflöslichkeit des Farbestoffs. Der Faserstoff aus dem venösen Blute lässt sich in Eiweiss umwandeln, nicht der aus dem arteriellen (Scherer) (s. p. 235); c) das arterielle Blut soll nahe 1° R. wärmer sein als das venöse (Breschet, Becquerel)[1]); d) das arterielle Blut ist specifisch leichter als das venöse (H. Nasse); e) jenes enthält mehr Sauerstoff als dieses (Lecanu); f) das arterielle Blut fängt früher an zu gerinnen (H. Nasse).

Blut der Pfortader und der Lebervenen.

518. Das Blut der vena portarum ist dadurch ausgezeichnet, dass es mehr Wasser und beträchtlich mehr Fett enthält, als das andere Venen- und Arterienblut (C. H. Schultz, Simon).

Das Lebervenenblut ist sehr verschieden vom Pfortaderblut. Es enthält viel mehr Blutkörperchen und feste Substanzen überhaupt. In 100 Theilen Pfortaderblut eines Pferdes fand Lehmann[2]) 92,26, in ebensoviel Lebervenenblut nur 89,30 Wasser, dort 6,20, hier 7,47 Albumin. Hingegen sind die Blutkörperchen ärmer an Hämatin und an Eisen. Nach Lehmann fehlt das Fibrin gänzlich. Das Lebervenenblut enthält viel, das Pfortaderblut kaum Spuren von Zucker.

---

1) Ludwig fand während der Speichelabsonderung das venöse Blut beträchtlich wärmer, s. Sitzungsber. der Wiener Akad. 1860.

2) Lehmann in Sitzungsber. der Leipziger Ges. III, 131.

Digitized by Google

Die Analysen des Milzvenenblutes haben so widersprechende Resultate geliefert, dass sich nichts Näheres darüber angeben lässt.[1])

2) Quantität des Gesammtblutes. 519—520.

519. Die Menge des Blutes in einem erwachsenen Menschen schätzt man gewöhnlich auf 20—30 Pfund. Man kam zu diesem Resultate, welches freilich immerhin nur sehr hypothetisch ist, durch die Berechnung der Injectionsmasse, welche nothwendig ist, um den ganzen Körper zu injiciren (Herbst),[2]) oder durch Schätzung des Blutes bei Hingerichteten (Haller), oder indem man bei einem Thiere eine bestimmte Menge Blut entzog, dann sogleich wieder eine eben so grosse Menge von Wasser in die Adern einspritzte und sodann eine zweite Blutmenge entzog. Man konnte das Verhältniss von festen Substanzen und Wasser im ersten Blute vergleichen mit dem im zweiten Blute, welches wasserreicher war, und so konnte man durch Rechnung finden, mit wie viel Blut sich das eingespritzte Wasser vermengt hatte. Durch dies sinnreiche Mittel fand Valentin,[3]) dass sich die Blutmenge zum Körpergewicht verhalte bei Hunden = 1 : 4,25; bei Schafen = 1 : 5. Hiernach würde die Blutmenge eines Menschen von 120 Pfd. etwa 24 Pfd. betragen. Genau ist das Resultat jedoch auch nicht, weil das Blut zwischen der ersten und zweiten Entziehung wässriger geworden ist und aus wässrigem Blute rasch Flüssigkeit in die Gewebe transsudirt.[4]) Eine weitere Prüfung dieser Methode scheint aber dennoch nicht überflüssig. Blutmenge.

Lehmann und E. Weber[5]) bestimmten das Körpergewicht eines Verbrechers vor und nach der Enthauptung. Vor derselben war es 60140 Grm., nach derselben 54600 Grm. Der Blutverlust betrug also 5540 Grm. Der feste Rückstand des Blutes war 18,768%. Dann wurde Wasser in die Gefässe gespritzt, bis die aus den Venen ablaufende Flüssigkeit blassröthlich oder gelblich war. Von solchem Wasser wurden gesammelt 6050 Grm., dies enthielt 37,24 festen Rückstand, welcher einer Blutmenge von 1980 Grm. Blut entspricht. Hiernach waren im Körper 7520 Grm. Blut und bei 120 Pfd. Körpergewicht 15 Pfd. Blut das Verhältniss zum Körpergewicht = 1 : 8; wobei freilich unterstellt ist, dass aus den Capillargefässen und den

---

1) Vgl. Béclard in Archive gén. 1848. Oct. — Funke in Zeitschr. für rat. Med. I, 172. — Gray on the struct. and the use of the spleen. London 1854.

2) Herbst, Comm. hist.-anat. de sang. quant. Gott. 1822.

3) Valentin in Repert. d. Phys. 1838, III, 291.

4) Veit, Observ. de sanguin. quant. nuperrime inst. recens. Halle 1848. — Donders, Phys. I, 160. — Kierulf in Zeitschr. für rat. Med., N. F. III, 285.

5) Lehmann in phys. Chem. Leipzig 1850, II, 259.

Digitized by Google

Venen alles Blut ausgespült worden sei, und nicht auch aus den umliegenden Theilen Stoffe durch die Gefässwandungen gedrungen sind.

Welcker [1]) wog bei Thieren die durch Öffnen der Adern zu erhaltende Blutmenge, spritzte dann die Gefässe mit Wasser aus, zerhackte endlich die Körpergewebe und machte auch davon einen wässrigen Auszug. Um zu bestimmen, wieviel Blut in diesen wässrigen Auszügen enthalten sei, hatte er 1 Ctm. reines Blut mit abgemessenen Wassermengen so lange verdünnt, bis die Farbe beider Mischungen die gleiche war, und hiernach schloss er auf die Menge des Blutes in der ausgewaschenen Flüssigkeit. Viele Vorversuche hatten ihn von der Genauigkeit überzeugt, welche bei einer solchen Vergleichung der Farbennuancen zu erhalten wäre. — Da gleiche Verdünnung derselben Menge von arteriellem und von venösem Blute verschiedene Farbentöne gibt (Heidenhain), [2]) so ist eine innige Vermischung des Gesammtblutes absolut erforderlich. Bei einiger Übung ist es möglich, durch das Auge die Farbenunterschiede mit vieler Präcision herauszufinden. Hingegen verliert diese Blutbestimmung dadurch an Genauigkeit, dass nicht nur die Blutfarbestoffe, sondern auch andere mit dem Wasser sich mischen, und der Ton jener wahrscheinlich beträchtlich sich ändern kann.

Nach dieser Methode sind folgende Resultate erlangt worden: bei Mäusen $^1/_{12}$—$^1/_{13}$, Kaninchen $^1/_{18}$, Katzen $^1/_{15}$, Hunden $^1/_{13}$, bei einem neugeborenen Kinde $^1/_{19}$, bei einem erwachsenen Manne $^1/_{13}$ (Welcker); bei einem Hingerichteten $^1/_{13}$, bei einem andern Hingerichteten $^1/_{14}$ (Bischoff) [3]); bei Hunden, welche lange gefastet hatten, $^1/_{12}$ des Körpergewichts (Heidenhain).

520. Um das so wichtige Verhältniss zwischen Blutkörperchen und Blutflüssigkeit zu bestimmen, hat Vierordt ein neues Verfahren angegeben, nämlich die Blutkörperchen direct zu zählen. Mit einer kleinen, getheilten Saugröhre (Pipette) misst man genau 4 Cubikcentimeter des zu untersuchenden Blutes ab und verdünnt dasselbe mit 2400 C.Ctm. einer Flüssigkeit, welche auf je 20 C.Ctm. Wasser 2 Gran Kochsalz enthält. Von diesem verdünnten Blute lässt man eine kleine Menge in ein Haarröhrchen steigen, welches im Ganzen 2‴ Durchmesser hat und in einer Entfernung von $2^1/_2$″ von der Mündung mit einer kleinen Marke von Siegellack versehen ist; bis

---

1) Welcker in Prager Vierteljahrsschr. IV, 11. 1854. Zeitschrift für rat. Med. 3. Reihe IV, 145.

2) Heidenhain, Disqu. crit. de sang. quant. Halle 1857.

3) Bischoff in Zeitschr. für wiss. Zool. VII, 331; IX, 65.

Digitized by Google

an diese Marke lässt man das Blut steigen. An einem Ende der Haarröhre ist durch einen Pfropf ein Mundstück angebracht, wozu füglich ein Stück eines Kaliapparates dienen kann. Der Inhalt des Röhrchens wird nun vollständig in ein Paar Portionen auf ein Deckgläschen ausgeblasen, und dann etwas Schleim von Mimosengummi zugesetzt. Dieses Deckgläschen legt man auf ein besonders dazu eingerichtetes Glasplättchen, in welches 31 senkrechte 9‴ lange, 0‴,23 von einander entfernte, und 241 horizontale, jene durchkreuzende Linien eingeschnitten sind. Um sich leicht finden zu können, ist in einem der horizontalen Streifen jedesmal ein Zeichen angebracht (Welcker). 1 Cubikcentimeter Venenblut enthält [1]) nach Vierordt im Mittel 5 Millionen Blutkörperchen.

II. Cirkulation des Blutes.

521. Wir betrachten 1) die Erscheinungen der Blutbewegung; 2) die Bedingungen, unter denen sie zu Stande kommt; 3) die Bewegungseffecte.

A. Erscheinungen der Blutcirkulation. 522—608.

Grosser Kreislauf.

522. Das arterielle Blut gelangt aus dem linken Ventrikel in die aorta und deren Verzweigungen, geht ununterbrochen aus den feinsten Arterien in Capillargefässe über und von da gleichfalls ununterbrochen wieder in Venen. In den Capillargefässen ist das Blut dunkel geworden. Das Blut der Venen, welche als directe Fortsetzungen der aus den Arterien hervorgehenden Capillargefässe zu betrachten sind, sammelt sich endlich in zwei grossen Venen, vena cava superior (10‴ Durchmesser) und inferior (15‴ Durchmesser). Beide münden an der hinteren Wand des rechten Vorhofs. Die Herzvenen enden direct im rechten Vorhofe, ohne erst in die Hohlvenen einzutreten. — Den Umlauf, welchen das Blut vom linken Ventrikel bis zum rechten Vorhof macht, nennt man den grossen Kreislauf.

Kleiner Kreislauf.

523. Aus dem rechten Vorhofe tritt das dunkle Blut in den rechten Ventrikel, aus ihm in die arteria pulmonalis, vertheilt sich durch deren Ausbreitungen in ihren Capillargefässen, wird in denselben wieder hellroth und kehrt als arterielles Blut in den linken Vorhof zurück, in welchen die vier venae pulmonales münden. — Den Umlauf, welchen das Blut vom rechten Ventrikel bis zum linken Vorhofe macht, nennt man den kleinen Kreislauf.

---

1) Vierordt in Archiv für phys. Heilk. XI, 26, 327 u. 547. — Welcker in Prager Vierteljahrsschr. IV, 11. Anweisung zum Gebrauch der Blutfleckenscala. Giessen 1854.

Digitized by Google

Pfortader-kreislauf.

524. Man pflegt endlich auch von einem Pfortaderkreislauf zu sprechen und versteht darunter den Umweg, den das Venenblut der Milz, des pancreas, des Magens und des grössten Theils des Darms, kleiner Äste der Gallenblase und Gallencanälchen macht, indem es, ehe es in die vena cava inferior überfliesst, erst durch die vena mesaraica superior, vena lienalis und vena coronaria ventriculi superior in die vena portarum übergeht und durch die aus der vena portarum entstehenden Capillargefässe sich in der Leber verbreitet und dann erst durch die Lebervenen in die vena cava inferior gelangt.

Entdeckung der Blut-cirkulation.

525. Die Entdeckung des Blutumlaufs [1]) wurde von William Harvey gemacht. Schon Hippokrates (460—377 a. Chr. n.), Aristoteles (384—322), besonders aber Herophilus und Erasistratus († 280 a. Chr. n.) wussten bereits, dass im Körper zwei Arten von Röhren vorhanden seien, welche sich allseitig verbreiteten, Arterien und Venen, hielten aber die Arterien für lufthaltig. Claudius Galenus (131—201 p. Chr.) entdeckte, dass die Arterien Blut führen. Andreas Vesalius (1513—1564) hatte anatomisch nachgewiesen, dass die rechte und linke Herzhälfte nicht direct mit einander communiciren, sondern durch eine dichte Scheidewand getrennt seien. Der unglückliche Schwärmer Michael Servetus (1553 auf Calvin's, seines frühern Gönners, Veranlassung, wegen der in seinem, jetzt sehr selten gewordenen Werke: Christianismi restitutio ausgesprochenen ketzerischen Ansichten verbrannt) hatte bereits die Muthmassung ausgesprochen, dass das Blut aus dem rechten Herzen zum linken durch die Lungen durchgehe und in diesen seine Natur ändere. — Andreas Cesalpinus beobachtete, dass die unterbundenen Venen anschwellen und zwar stets zwischen Ligatur und Peripherie. — Ch. Etienne (1503—1559) fand zuerst in einigen Ästen der vena portarum Klappen (apophyses), welche er mit den Herzklappen vergleicht; Cannanus in der vena azygos; Eustachio († 1574) in dem Herzen (valvula Eustachii), und den venae coronariae. Besonders aber hat Fabricius ab Aquapendente (geb. 1537) zuerst nicht nur ihre grosse Verbreitung gezeigt, sondern auch durch ihre Stellung gelehrt, wie durch dieselben das Rückfliessen des Venenblutes gegen die Peripherie gehindert würde. — Jedoch erst sein Schüler William Harvey (1589—1657) lieferte den vollständigen Beweis vom Umlaufe des Blutes durch eine überaus grosse Menge von Vivisectionen und anatomischen Untersuchungen. Er hatte beobachtet, wie die Spitze des Herzens sich in der systole hebe,

1) Vgl. Flourens hist. de la découverte de la circul. du sang. Paris 1854.

Digitized by Google

das Herz sich besonders in transversaler Richtung contrahire, wobei der Herzstoss entstehe, die Muskelmasse hart werde, wie andere sich contrahirende Muskeln, das Blut aus dem angestochenen Herzen mit Vehemenz bei jeder systole herausdringe; dass die Arterien sich erweitern, wenn das Herz sich contrahire; dass ihr Puls stark oder schwach schlüge, je nachdem das Herz sich energischer oder träger zusammenziehe; dass der Puls durch eine Welle (unda) von Flüssigkeit entstehe, welche die Arterie ausdehne; dass die Bewegung der Vorhöfe und Kammern alternire; dass sie in der Zeit, in der sie sich füllen, roth werden und während ihrer Contraction erblassen; dass sich beide Atrien und beide Ventrikel gleichzeitig zusammenziehen; dass im Embryonalzustande beide Atrien durch das ovale Loch communiciren; dass die Semilunarklappen so gestellt seien, damit das Blut, in die Arterien getrieben, nicht wieder in das Herz zurückfliesse; dass durch ein um den Arm eines Menschen befestigtes Band der Puls in dem Vorderarme aufgehoben, aber am Oberarme, oberhalb der Binde, verstärkt werde. Mit einem Worte, Harvey brachte die wesentlichen Beweise bei, welche noch heutzutage als die unzweifelhaften Grundlagen dieser wichtigsten physiologischen Entdeckung gelten. [1])

Malpighi sah zuerst (1661) in den Lungen eines lebenden Frosches das Blut cirkuliren, und Leeuwenhoek etwas später (1669) an verschiedenen durchsichtigen Theilen von Thieren.

Swammerdam hatte sich zuerst des Wachses zu Injectionen in die Arterien nach dem Tode bedient, und dadurch wesentlich zur Aufhellung der Blutcirkulation beigetragen; und Ruysch hat mit seltener Kunst solche Präparate feinster Art angefertigt.

1) Erscheinungen am Herzen.

526. Man beobachtet sie theils an gesunden Menschen und Thieren, theils indem man eine Brusthälfte bei lebenden Thieren öffnet oder unmittelbar nach dem Tode, endlich in denjenigen seltenen Fällen, in welchen durch einen Bildungsfehler oder eine Verwundung das Herz bloss liegt. [2]) Bewegungsfolge.

527. Die Muskelzusammenziehungen des Herzens erfolgen rhythmisch. Zuerst ziehen sich gleichzeitig beide Vorhöfe, im nächsten Augenblicke beide Ventrikel zusammen. Es ist sehr zweckmässig, bei einem Säugethiere bald nach dem Tode, oder bei einem stark blutleer gemachten Frosche die Herzbewegungen zu beobachten, weil

1) W. Harvey, Exerc. anat. de motu cordis et sanguin. in anim. Francof. 1628. 4.

2) Vgl. z. B. Monod, Cruveilhier und Follin in Gaz. méd de Par. 1842, p. 497; 1850, p. 629. — Hering in Archiv für phys. Heilk. IX, 269.

Digitized by Google

die einzelnen Bewegungen dann langsamer und mehr getrennt von einander gesehen werden können. Zwischen den einzelnen Herzschlägen tritt dann eine vollständige Pause ein. Nach dieser Pause contrahiren sich die Atrien, und sodann die Ventrikel. Bei einem blutgefüllten Herzen ist die Pause, in welcher Atrien und Ventrikel ruhen, verschwindend klein. Während die Vorkammern noch in der Contraction begriffen sind, dehnen sich die erschlafften Kammern durch das einstürzende Blut aus, und ziehen sich alsbald zusammen, sobald die Contraction der Vorkammern beendigt ist und selbst noch ein wenig früher. Die Contraction nennt man Systole, die Expansion Diastole.

Bewegungsart.

528. Die Systole der Vorhöfe beginnt an der Einmündung der Venen und zeigt sich mehr nach der Dicke des Vorhofes, als nach seiner Länge. — Im nächsten Momente, gleichwie nach einem kurzen Vorschlage, ziehen sich gleichzeitig beide Ventrikel in der Art zusammen, dass sie eine Richtung gegen das septum hin annehmen; also von Links nach Rechts und von Rechts nach Links. Die Spitze, dem linken Ventrikel angehörig, wendet sich mithin von Links nach Rechts, und hebt sich zugleich ein wenig nach der Brustwand hin.

Verlauf der Kammermuskeln.

529. Zum bessern Verständnisse der Herzbewegung lasse ich eine kurze Beschreibung der Muskulatur der Herzkammern folgen.[1]) Zur Untersuchung eignen sich meines Erachtens am Besten Herzen, welche soweit gekocht sind, dass die Vorhöfe und die Arterienanfänge noch mit den Kammern zusammenhängen, jedoch mittelst der Finger leicht abgehoben werden können. Zur Aufbewahrung eignet sich Chloroform.

Vorkammern und Kammern sind nicht durch Muskelfasern mit einander verbunden, ohne alle Zerreissung lassen sich beide von einander trennen. An der Grenze beider, an welcher die sehnigen Ringe, annuli fibrocartilaginei, liegen, sowie am Anfange der Arterien und endlich in den Herzhöhlen, wo die Papillarmuskeln mit den sehnigen Fäden der Klappen sich verbinden, finden sich die Anfangs- oder Ausgangspunkte der zahlreichen Muskelfasern. Ob an den Mündungen die einzelnen Muskelfasern vollständige, in sich geschlossene Kreise bilden, darüber bin ich nicht im Klaren, wahrscheinlich ist es mir jedoch nicht geworden.

An den von Vorhöfen und Arterienanfängen befreiten Kammern sieht man drei durch Muskelmasse geschiedene Öffnungen, von denen

---

1) Man vgl. Halleri phys. IV, 3. §. 22. — Weber in Hildebrandt An. III, 150. — Reid in Todd's Cycl.: Heart. — Theile in Sömmering's An. III, 2. p. 21. — Ludwig in Zeitschr. für rat. Med. VII, 189. — Donders, Nederl. Lancet. 3. Sér. I, 541.

Digitized by Google

zwei der rechten Kammer für die a. pulmonalis und das ostium atrio-ventriculare dextrum, eine der linken Kammer angehören. Die letztere Öffnung zeichnet sich an ihrer Innenwand durch eine Bucht aus, in welcher der Aortenanfang liegt, während die a. pulmonalis von der linken Öffnung durch eine ziemlich breite Muskelbrücke geschieden ist. Die Atrioventricular-Klappen der rechten Seite haben daher mit der Arterie nichts gemein, während ein Theil der Mitralklappe an die Aussenwand der aorta sich heftet.

Bei der Beschreibung des Muskelverlaufes ist es ziemlich gleichgültig, von welchen festen Punkten unter den drei oben angegebenen man beginnt, und hängt von der individuellen Anschauung ab, welche sich der Beobachter macht. Nichtsdestoweniger trägt doch gerade zum Verständniss ausserordentlich viel bei, wenn der Verlauf in einem gewissen System vorgetragen wird, welches nach Belieben Jeder auch anders sich gestalten kann, wenn er von einem andern Punkte den ersten Ausgang nimmt.

Betrachtet man zuerst die rechte Herzhälfte, während die linke nach Unten, die Spitze gegen den Beobachter gekehrt ist, so sieht man (Fig. 55) Fasern in der Mitte sehr steil und von beiden Seiten rechts und links nach der Längsaxe hin verlaufen. Diese Fasern

Figur 55.

Muskelfasern des Herzens. Oberflächliche Schicht der rechten Seite von Vorn.
A a. pulmonalis; *B* der rechte sinus.

Figur 56.

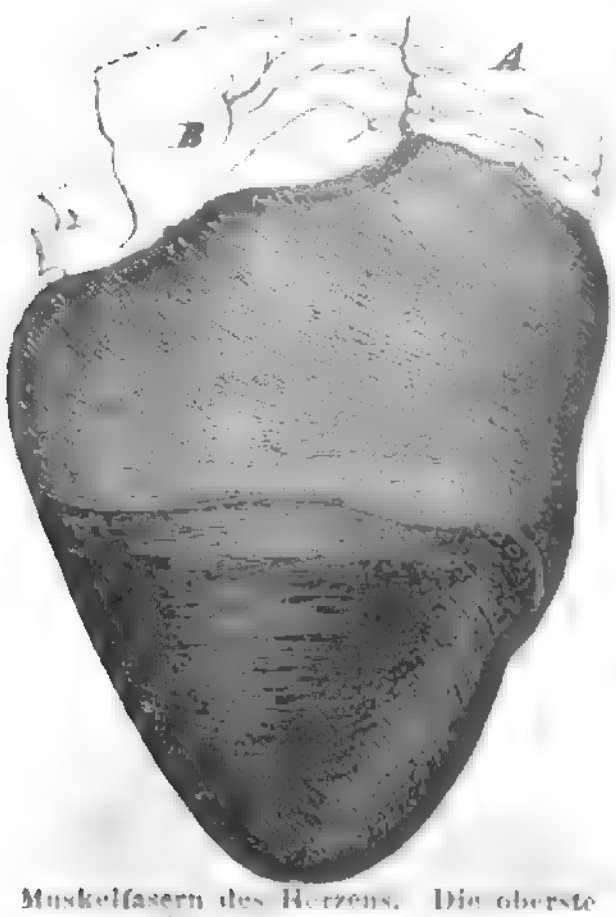
Hintere Fläche und ein Theil der linken Vorderfläche vom Ochsenherzen.
A a. pulmon.; *C* linker sinus.

sehe ich als einen Bündel derjenigen an, welche von der Spitze kommen, nach der Basis gerichtet sind und grösstentheils an der

Digitized by Google

freien Wandung des annulus fibrocartilagineus dexter, aber auch an die Pulmonararterie sich ansetzen (Fig. 56). — Diese dünne Faserschicht muss weggenommen werden, um die Hauptanfänge der Fasern zu sehen. Blickt man sodann auf die linke Herzfläche, so dass diese nach Oben, die rechte nach Unten, die Spitze wider den Beobachter gewendet ist, so zeigen die Fasern im Allgemeinen eine Richtung im Sinne eines Uhrzeigers, s. Fig. 56, d. h. von der Pulmonararterie aus nach Rechts. Einzelne steigen jedoch steiler abwärts. Diese auf dem linken Herzen sichtbaren Fasern gehören denselben Systeme an, welches man wahrnimmt, nachdem die obere Schicht der rechten Hälfte weggenommen ist, s. Fig. 57. Dieses ganze Fasersystem hat nämlich einen solchen Verlauf, dass alle sechs Ansatzpunkte mit einander in Verbindung gesetzt werden, nämlich die Faserringe an den ostia venosa und arteriosa und die Spitzen der Papillarmuskeln. Diese verbindenden Fasern laufen alle in Bogen, wie es in der schematischen Fig. 58 angedeutet ist. Diese Ansatzpunkte werden aber nicht allein gegenseitig mit einander durch Fasern verbunden, so z. B. die a. pulmonalis mit den Papillarmuskelenden, sondern auch Theile eines jeden Ansatzpunktes mit andern Theilen desselben. So gehen z. B. um den rechten sinus (Fig. 58 *A*), der a. pulmonalis (*D*) u. s. w. ringförmige Fasern; ferner kehren andere, welche z. B. von dem rechten sinus oder einem andern Ansatzpunkte ausgegangen sind, wieder zu demselben zurück. Dies geschieht auf grössern oder kleinern Umwegen. Die überwiegende Mehrzahl der Fasern zieht gegen die Spitze hin und wendet dann wieder um. Hierdurch bilden sich Achtertouren, wie aus Fig. 58 hervorgeht und an der Spitze entsteht ein Wirbel. Aus dieser Anlage folgt nothwendig, dass sich viele Faserzüge kreuzen müssen. Wir wollen einige derselben zur Verständigung verfolgen. Betrachten wir die Faserlage *m*, welche vom rechten sinus ausgeht, und sichtbar wird, wenn die oberflächliche Schicht (Fig. 55 und Fig. 58 *t*) weggenommen ist. Sie gehen zum Theil fast horizontal unterhalb der a. pulmonalis, nehmen immer mehr eine abwärts steigende Richtung gegen die Spitze hin, um den Wirbel zu erreichen, zum Theil gehen sie gleich von Anfang an

Figur 57.

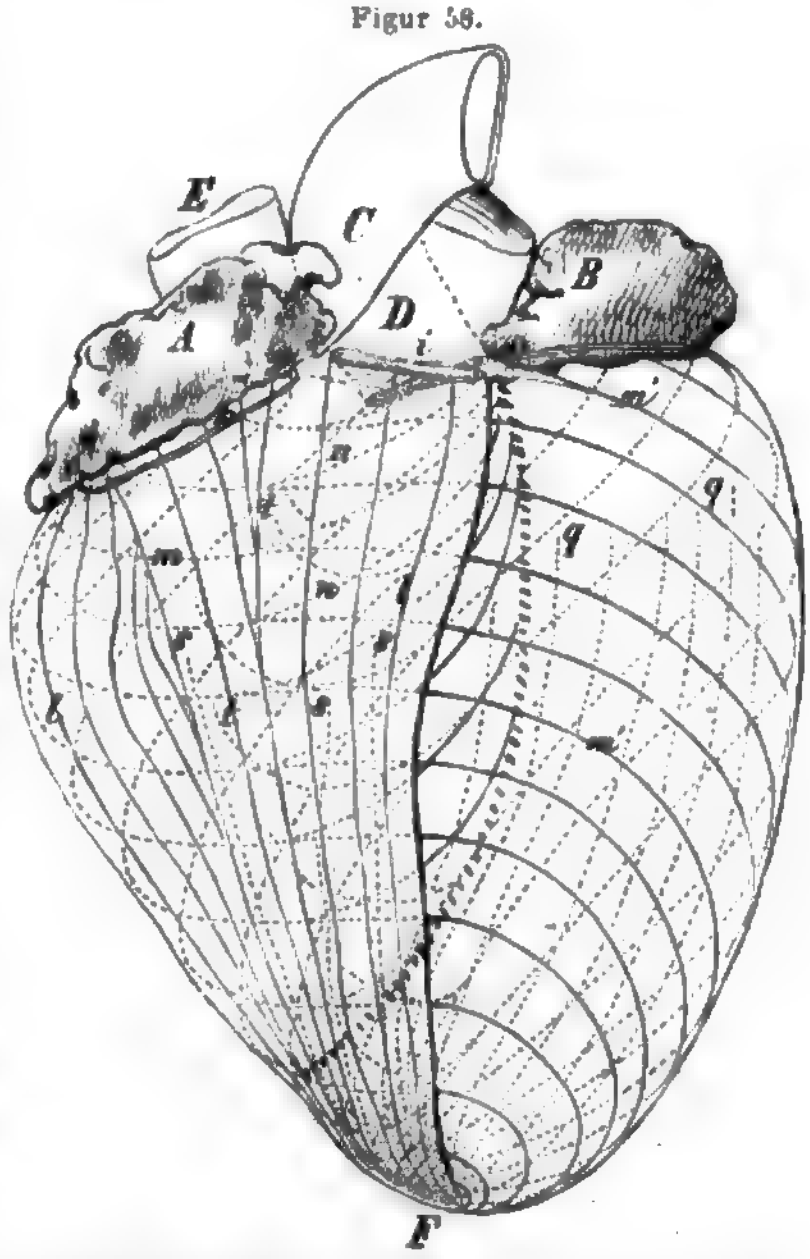


Muskelfasern des Herzens. Die oberste Schicht ist weggenommen.
A a. pulmonalis; *B* der rechte sinus.

Digitized by Google

schräg abwärts. Gewisse Faserschichten machen mehrfache Touren, so z. B. wendet sich eine Lage, welche von dem Theile des rechten sinus ausgeht, welcher der a. pulmonalis zunächst liegt, erst abwärts nach dem rechten Ventrikel, ferner horizontal nach dem linken Ventrikel, dann in einem grossen Bogen gegen die Spitze hin. Während nun der Hauptzug nach der Spitze gerichtet ist, treten einzelne Lagen durch die andern hindurch, und bilden in dem rechten Ventrikel einen Papillarmuskel, andere und zwar eine nicht geringe Menge geht um das ganze Herz herum und laufen sodann erst zur Spitze. Ganz auf ähnliche Weise verhält es sich auch mit den Fasern, welche von der a. pulm., aorta, dem linken sinus entspringen. — Wenn wir nun uns einen Augenblick denken, dass alle Fasern an der Spitze stumpf endigen, so ist leicht sich vorzustellen, wie eine Höhle auf diese Weise gebildet wird und man könnte sich eine rohe Anschauung davon verschaffen, wenn man einen Hohlkegel mit Fäden umlegte, welche an der Basis begännen und zum grössten Theile an der Spitze endigten, indem sie entweder sogleich abwärts steigen oder zuvor vielfach den Kegel umgeben und zu einem kleinern Theile in das Innere des Kegels eindringen und zapfenförmig (Papillarmuskel der rechten Seitenwand) endigten. — Jedoch hören die Fasern nicht an der Spitze auf, sondern sie laufen wieder gegen die Basis hin und enden hier in verschiedener Weise.

Figur 58.



Schematische Zeichnung über den Verlauf der Herzmuskelfasern.

A rechter sinus; *B* linker sinus; *C* aorta; *D* a. pulmonalis; *E* v. cava sup.; *F* Wirbel von den Muskelfasern an der Spitze gebildet.

i Zirkelfasern an dem annulus fibrocartil. der a. pulm.; *k* Zirkelfasern an dem annulus fibroc. des rechten sinus; *l* oberflächliche mit dem Wirbel communicirende Fasern des rechten Ventrikels; *m* tiefere unter *l* liegende, deren obere Schicht *m'* auf dem linken Ventrikel hervorkommt; *n* die von *m* abgehenden, um die rechte Ventrikelwand mit bilden zu helfen; *q* tiefe vom Wirbel aufsteigende Fasern, die in die papillares und die linke Ventrikelwand ausgehen; *s s s* solche an die papillares der Scheidewand *t* zurückkehrende Fasern, welche die papillares rechts bilden helfen. Die aus gebrochenen Querstrichen bestehende Linie deutet das septum an.

Es lassen sich fünf solche Spitzenendigungen nachweisen, welche alle selbstverständlich longitudinale Faserschichten ausmachen. Eine bildet die innerste Lage der Seitenwand des rechten Ventrikels, indem

Digitized by Google

sie theils in den Papillarmuskel, theils in den Faserring der a. pulmonalis ausläuft. Eine zweite bildet die Fläche des septum, welche dem rechten Ventrikel angehört und geht in die beiden Papiliarmuskeln über. Eine dritte gehört dem septum des linken Ventrikels an und erreicht ihr Ende an dem Faserringe der aorta. Eine vierte bildet hauptsächlich die beiden grossen Papillarmuskeln der Seitenwand des linken Ventrikels. Eine fünfte endlich ist die oben erwähnte Schicht der Längsfasern, welche auf der Oberfläche des rechten Ventrikels erscheinen, Fig. 55.

Bei genauerer Durchmusterung der Fig. 58 wird man sich über den Faserverlauf eine richtige Ansicht verschaffen. Dieselbe ist so gehalten, als ob man die verdeckten Fasern durchsehen könnte. Diese sind punktirt.

Durch die angegebene Art des Faserverlaufs wird es klar, dass sich nicht nur beide Kammern gleichzeitig zusammenziehen müssen, sondern dass fast an jedem Ventrikeltheile Fasern verlaufen, welche allen Ursprungsstellen angehören. So z. B. wird die Wandung, welche den rechten Ventrikel deckt, aus Fasern gebildet, welche sowohl von den beiden faserknorpligen Ringen, als auch von den Arterienanfängen entspringen. Wenn sich ferner die Fasern verkürzen, welche an dem Basaltheile der Ventrikel liegen, so kann es nicht anders sein, als dass auch die Spitze sich verkürzt und der Basis sich nähert. Denn die Spitzenfasern sind nur die Verlängerungen derer an der Basis.

Herzstoss. 530 – 534.

530. In der Gegend der fünften bis sechsten Rippe wird beim Auflegen der Hand oder des Ohres ein Stoss gefühlt, pulsus cordis, Herzstoss. Derselbe ist bald mehr, bald weniger verbreitet. Bei starkem Herzschlage magerer Personen wird sogar der in dieser Gegend eingesetzte Finger deutlich gehoben. Der Stoss zeigt sich minder ausgedehnt, wenn das Herz ruhiger schlägt. Man kann den Herzstoss sehr bestimmt auch bei geöffneter Brusthöhle und bei ausgeschnittenem noch pulsirendem Herzen von Thieren fühlen, wobei man ein gewisses Hartwerden und Zusammenziehen dieser Stelle unter dem Finger bemerkt. [1]) — Meinen vielfachen Beobachtungen zufolge ist dieses Gefühl am Deutlichsten in dem mittlern Drittheil zwischen Basis und Spitze der Herzkammern wahrzunehmen.

531. An der Stelle, an welcher der Herzstoss mit dem Finger gefühlt wird, sieht man bei einiger Aufmerksamkeit auch eine Veränderung

---

1) Bereits W. Harvey (exercit. de gen. animal. London 1651. exerc. 51, p. 156) beobachtete an einem jungen Grafen, Montgomery, der in seiner Kindheit eine starke Verwundung an der Brust erhalten hatte, und bei dem das Herz fast unbedeckt war, wie während der Ruhe das Herz an seinem Platze blieb, bei der Systole aber sich rasch erhob und gegen die Vorderfläche des Thorax schlug.

Digitized by Google

in der Form des Herzens bei der Systole, mit welcher der Herzstoss stets zusammenfällt. Diese Veränderung ist nämlich eine Folge der Contraction der Muskelfasern. Ich will diese mit denselben Worten angeben, mit welchen ich[1]) schon vor längerer Zeit (1845) sie beschrieben habe. „Alle Fasern der Ventrikel ziehen sich in der Richtung gegen die Scheidewand und nach Oben gegen die Arterien hin zusammen, so dass bei jeder Systole gewissermassen ein Kamm entsteht, welcher sich über das Niveau der ruhenden Kammer erhebt.“ Diese dadurch hervorgebrachte Abrundung des Herzens ist von ältern und neuern Beobachtern[2]) beschrieben worden. Wie viel oder wie wenig die Zunahme des Dickendurchmessers beträgt (Ludwig[3]) fand bei Katzen $^1/_{10}$—$^1/_4$), hängt bloss von der Stärke der Contraction der Herzmuskulatur ab und wechselt daher sehr.

Ich brauche nach obiger Darstellung der Contractionsweise nicht noch hervorzuheben, dass der Ventrikel der Länge und Breite nach sich verkürzt, auch nicht einzeln zu beschreiben, in welcher Weise der linke und rechte Ventrikel sich contrahiren. Wenn sich die Spitze nach dem Principe, welches ich angeführt habe, bewegt, so muss dieselbe sich heben, das ganze Ventrikel muss nothwendig abgerundeter werden, bei dem Übergewicht der Muskulatur der linken Seite muss eine, wenn auch geringe, Drehung von Links nach Rechts erfolgen (Kürschner).[4])

532. Die Stelle, an welcher der Herzstoss in den meisten Fällen am Stärksten gefühlt wird, liegt höher als die, welche in der Regel der Spitze des Herzens entspricht. — Jedoch ist es richtig, dass man den Herzstoss auch weiter nach Oben — und Unten nicht selten wahrnimmt. Ich halte übrigens die an Thieren hundertfältig gemachte Beobachtung, welche ich oben angegeben habe, für massgebend. Man muss nur bei einem Thiere vor und nach Eröffnung der Brusthöhle den Herzstoss genau geprüft haben, und wird sich kaum der Überzeugung erwehren können, dass derselbe keinen andern Grund haben kann, als die Hervorwölbung der Ventrikel, durch welche das Brustbein und alle benachbarten Theile einen Ruck nach vorwärts erhalten, wie schon I. Müller[5]) mit Recht angibt. — Die-

---

1) Budge, Allgemeine Pathologie, p. 150.

2) Vgl. Lancisi, de motu cordis l. 2; II, 124. — Senac, traité de la struct. du coeur. I, 286. — Haller, sur la nature sensible et irrit. des parties du corps an. I, 342. — Reports of British association. Cambridge 1833 (Carlisle). Dublin 1835, und Glasgow 1841. — Chauveau et Faivre in Gaz. médic. 1856, und C. r. 1857, XLV, 871.

3) Ludwig in Henle u. Pfeufers Zeitschr. VII, 202.

4) Kürschner in Wagner's Handw. II, 89, und Müller's Arch. 1841, p. 103.

5) I. Müller, Phys. 4. Ausg. I, 144.

Digitized by Google

jenigen Beobachter, welche gleichfalls den Herzstoss als Folge der Herzventrikel-Contraction betrachten, sind hinsichtlich der Stelle verschiedener Meinung. — Ludwig nimmt ein Hervortreten der Spitze in den Zwischenrippenraum an, und erklärt dies daraus, dass in der Diastole die Herzspitze nach Unten und Hinten stehe, bei der Abrundung des Herzens während der Systole hingegen nach Vorn gedrängt werde und dann senkrecht auf der Basis stehe. — Es ist zwar richtig, dass die Spitze während der Systole sich hebt, aber sie bewegt sich auch gleichzeitig gegen die Basis hin. Man muss wohl festhalten, dass die Ventrikelbewegung von der Basis aus- und zur Basis wieder zurückgeht, denn hier liegen die Anfänge und Enden der Muskelfasern. Indem die Zusammenziehung von hier aus beginnt, wird die Spitze die eben genannten Bewegungen ausführen müssen. Die Spitze wird während der Systole mehr abgerundet und stumpfer, sie trägt daher sehr ansehnlich zur Hervorwölbung der Ventrikel bei, aber bildet doch nicht selbst den hervorstehendsten Theil, wie ich in mehren Beobachtungen wahrgenommen habe. Der Annahme Ludwig's sind Volkmann [1]) und Donders [2]) beigetreten.

Kiwisch [3]) beobachtete, wenn er Nadeln in die Brust von Thieren einstach, dass dieselben an der Stelle des fühlbaren Herzstosses nicht die Spitze, sondern einen darüber gelegenen Theil trafen. Diese Annahme halte ich für die richtigere.

533. Manche Beobachter, wie Gutbrod, [4]) Hüffelsheim [5]) u. A. glauben, dass der Herzstoss ebenso entstehe, wie ein abgeschossenes Gewehr zurückprallt. Wenn man auch zugeben muss, dass der Druck auf den Anfangstheil der ganzen Blutsäule in den Arterien stärker ist als der auf die innere Wand der Ventrikel, welche an die Spitze grenzt, und dass daher der Basaltheil des Herzens, resp. die Arterienanfänge, mehr nach Hinten und die Herzspitze mehr nach Vorn geschleudert werden, so kann doch dies Verhalten nicht die hauptsächliche Ursache des Herzstosses sein; denn er tritt auch ein, wenn das Herz ausgeschnitten ist.

Eine andere Annahme beruht auf der Verlängerung der grossen Arterien bei dem Eintritt des Bluts in dieselben und der dadurch erfolgenden Verschiebung (Bamberger). [6])

534. Man hat früher den Herzstoss von der Diastole der Kammern

1) Volkmann, Hämodynamik, p. 361.
2) Donders, Phys. I, 33.
3) Kiwisch in Prager Vierteljahrsschr. IX, 143.
4) Guthrod bei Skoda, Percuss. und Auscult. Wien 1850.
5) Hüffelsheim in Compt. r. 1854, T. 39, p. 1048. 1855, T. 41. p. 255.
6) Bamberger in Arch. für path. Anat. IX, 328.

Digitized by Google

abgeleitet, weil dieselben dadurch ausgedehnt würden. Dies ist zwar vollständig unrichtig, wie oben angegeben wurde; hingegen will ich doch auf eine Beobachtung hinweisen, welche man mitunter macht, wenn bei absterbender Herzthätigkeit nicht nach jeder Contraction der Atrien auch eine systole ventriculorum folgt, sondern die Ventrikel vollständig ruhig bleiben. Wenn man leichte schmale Papierstreifchen auf die Ventrikel legt, so heben sich diese im Augenblick, wenn durch die Atriensystole das Blut in die Kammern dringt.

Der Herzstoss wird um so deutlicher, je näher das Herz der vordern Brustwandung liegt, und umgekehrt. Bei tiefer Inspiration, bei welcher sich, wie bei jungen lebenden Kaninchen durch die m. intercostales und selbst durch das Diaphragma hindurch leicht zu sehen ist, die Lungen um das Herz wie ein Mantel herumlegen, ist er undeutlicher, ebenso in der Rückenlage. [1])

535. Während des Herzstosses hört das an die Brust angelegte Ohr zwei Herztöne, von denen der erstere etwas länger dauert und dumpfer ist, der zweite kürzer und heller. Jener ist am Deutlichsten da, wo man den Herzstoss am Besten fühlt, dieser etwas weiter oben. — Der erste Ton hat höchst wahrscheinlich seinen Grund in der Spannung der Klappen, welche zwischen Atrien und Ventrikel liegen; der zweite in der Spannung der Semilunarklappen. Der erste Ton fällt mit der Systole, der zweite mit der Diastole der Kammern zusammen. Herztöne. 535—537.

536. Die Töne werden nicht aufgehoben, wenn bei frisch getödteten Thieren die Brusthöhle geöffnet wird, woraus hervorgeht, dass sie nicht vom Anschlagen des Herzens an die Brustwand entstehen. Vielmehr hört man in den Kammern den ersten Ton, und an der aorta und der a. pulmonalis den zweiten. Nach Zerstörung der Semilunarklappen verschwindet der letztere sogleich.

537. Nach I. Meyer liegen die halbmondförmigen Klappen der a. pulmonalis dem Sternalende des zweiten linken Intercostalraumes gegenüber, und die der a. aorta hinter der Sternalarticulation der dritten linken Rippe und einem Theile des an diese stossenden Brustbeinstücks. Hier hört man auch am Besten den zweiten Ton. Der erste Ton ist gewöhnlich am Deutlichsten unter der vierten Rippe. [2])

---

1) Ausser den angeführten Schriften sind noch zu vergleichen: Skoda, Percuss. u. Auscult. Wien 1850. — Arnold, Anat. II, 1. p. 437. — Cheauveau et Faivre in Compt. r. 1855, p. 1045, und Gaz. méd. 1856, No. 24, 27, 30 u. 37.

2) Aus der reichen Literatur über Herztöne heben wir folgende Schriften hervor: Williams, Pathol. u. Diagn. der Krankheiten der Brust, übers. von H. Velten. Bonn 1838; hier findet sich die ganze ältere Literatur, sowie auch in Bouillaud, Traité clin. des mal. du coeur. Paris 1835, T. I. und die an-

Digitized by Google

Herzklappen. 538—547.

538. Damit das Blut in der systole ventriculorum nicht zurück in die Vorhöfe, sondern lediglich in die Arterien, und damit in der diastole ventriculorum das in die Arterien eingepresste Blut nicht wieder in die Ventrikel zurückfliessen kann, dazu dienen die valvulae atrio-ventriculares (rechts die tricuspidalis, links die mitralis) und die valvulae ventriculo-arteriosae s. semilunares.

Atrioventrikularklappen. 539—544.

539. Wirkung der valvulae atrio-ventriculares. An dem frischen Herzen von Thieren, welche man dadurch tödtete, dass man ihre Brusthöhle öffnete, ist die Beobachtung über die Klappenwirkung sehr schwer zu machen. Was man deutlich sehen kann, wenn man jedesmal rasch genug das Blut abspült, ist die Verkürzung der Papillarmuskeln. Aber mir wenigstens ist es nicht gelungen, eine deutliche Anschauung der Klappenwirkung zu erhalten. Hingegen ist es höchlich befriedigend und ein reizender Anblick, wenn man das Spiel an einem ausgeschnittenen Thierherzen beobachtet. [1]) Ich kann nicht sagen, dass sich ganz frische Herzen besonders gut dazu eignen, ich ziehe es vielmehr vor, wenn die Todtenstarre vorüber ist und dann das Herz noch mehre Stunden in Wasser gelegen hat. Man schneidet dann den Vorhof, z. B. den rechten, so weit ab, dass man deutlich die Klappen vor sich hat, welche dicht an der Wandung anliegen und zieht die a. pulmonalis über eine mit einem Wassergefäss (von mässiger Höhe, 4 Zoll genügen vollständig) in Verbindung stehende Röhre, die mit einem Hahne versehen ist, oder nöthigenfalls über eine Röhre, in die man durch einen Trichter Wasser eingiesst. Wird in jenem Falle der Hahn geöffnet, so füllt sich der Ventrikel und jetzt treten die Klappen dicht an einander. [2]) Meistens habe ich gesehen, dass der vordere Zipfel am Stärksten sich wölbte und selbst bauchig hervortrat. Der innere Zipfel, welcher an der Scheidewand anliegt, wendet sich hauptsächlich nach Aussen, der hintere nach Vorn zu. Der Theil des innern und hintern Zipfels, welcher den Verschluss bildet, liegt unmittelbar oberhalb der Sehnenfäden. — Der Verschluss ist beinahe ganz vollständig, so dass nur noch eine

---

geführten Werke von Skoda, Kürschner, Cheauveau u. Faivre. Küchenmeister suchte die Töne musikalisch zu bestimmen, s. Froriep's Tagesber. 1851, No. 308, p. 315. -- Beau und Malherbe nehmen an, dass der erste Ton von dem Anschlagen der Blutwelle an die Ventrikelwandung entstehe und bestreiten die andere Annahme, welche oben erwähnt ist, s. Brown-Séquard Journ. de phys. II, 445 u. 632.

1) Vgl. die Beobachtungen von Valentin (Phys. I, 423), mit denen die meinigen übereinstimmen.

2) Die Flächenausdehnung der Klappen, zumal der valvula tricuspidalis, ist beträchtlich grösser als das ostium venosum, vgl. Wulff, de cordis pondere ac dimens. Dorp. 1856. — Meissner's Jahresber. 1856, p. 119.

Digitized by Google

Öffnung wie ein Nadelkopf bleibt, oder auch diese ist verschwunden. Man blickt dann auf eine Membran, welche, sowie sie von dem hintern und besonders dem innern Zipfel gebildet wird, wenig buchtig ist, mehr hingegen nach dem vordern Zipfel hin.

Wenn man den Hahn geschlossen hat und man lässt allmählig das Wasser ausfliessen, so wird die Öffnung nach und nach grösser. Man kann aber bei der geringen noch vorhandenen Wassermenge doch noch einen Verschluss herbeiführen, und zwar dadurch, dass man einen, wenn auch leichten Druck der rechten Kammer in dem Sinne anbringt, wie er im Leben während der Systole erfolgt.

540. Vielleicht noch schöner als am rechten Herzen ist der Anblick am linken. Ist zunächst das Herz nicht mit Wasser gefüllt, und man lässt es nun in schwachem Strahle durch den linken Vorhof einfliessen, so erkennt man sogleich, wie die Flüssigkeit in den Ventrikel gelangt ist, dass die Zipfel, welche vorher dicht an der Wand anlagen, sich erheben. Ich bemerkte zuerst den linken aufsteigen und dann den rechten. Doch mag dies zufällig sein. Das Heben bewirkt der Druck der hinter den Klappen stehenden Flüssigkeit. Es bleibt jetzt nur eine kleine verschieden geformte Spalte zurück. Bringt man nun einen Druck an, im Sinne, wie er auch im Leben während der Systole stattfindet, so kommt eine vollständige Schliessung zu Stande.

541. Giesst man durch die a. aorta Wasser mit einem etwas stärkern Drucke als bei dem rechten Ventrikel, so sieht man alsbald die Klappenwände völlig an einander rücken. Der rechte Zipfel bildet eine vollkommen blasige Buchtung, welche sich über den linken Zipfel hinüber legt.

542. Jeder Klappenzipfel ist bekanntlich mit zwei Papillarmuskeln verbunden. Schneidet man nun zuerst die sehnigen Fäden ab, welche nur die Verbindung mit einem Papillarmuskel herstellen, so erfolgt kein Schluss mehr. Das Wasser dringt in starkem Strahle heraus. — Ja man sieht schon deutlich, wie nach Durchschneidung weniger Fäden zwar der Akt noch zu Stande kommt, aber die Wölbung der Klappen nicht mehr vollständig ist.

543. Je stärker diese bauchige Hervorwölbung ist, desto vollkommner ist natürlich der Schluss. Diese aber hängt wieder von der Spannung der Sehnenfäden ab, wie leicht einzusehen ist. Wenn aber die Papillarmuskeln sich verkürzen, wie dies bei der Systole des Herzens der Fall ist, so müssen die Fäden mehr gespannt werden.

544. Wenn man davon ausgeht, dass das Herz niemals blutleer, sondern nur mehr oder weniger mit Blut gefüllt ist, so ergeben sich die Verhältnisse während des Lebens von selbst. Die Atrioventri-

Digitized by Google

kularklappen werden niemals an der Wandung anliegen, sondern im Blute flottiren und eine bei Weitem kleinere Öffnung zwischen Vor- und Herzkammer frei lassen, als in der Leiche. Nach meinen Beobachtungen an Thierherzen schätze ich den Unterschied der Öffnung an Leichen und im Leben nahezu = 1 : 3. — Zieht sich nun der Vorhof zusammen, so können dennoch die Zipfel nicht an die Wandung angelegt werden. — Contrahirt sich dann im nächsten Momente die Kammer, so schliessen sich die Klappen ebenso vollständig, da während der Systole der Blutdruck hinter den Klappen grösser ist als vor denselben, d. h. von dem Vorhofe aus, wie wir es durch einen künstlichen Druck bewerkstelligen, wenn er, wie oben angeführt ist, angebracht wird.

545. Wenn man solche Beobachtungen, die leicht zu wiederholen sind, öfter angestellt hat, so wird man nicht geneigt sein, andern Meinungen beizupflichten, welche man häufig angegeben findet.[1] Ich kann mich der Ansicht nicht anschliessen, dass diese Klappen während der Systole trichterartig nach Unten gerichtet werden, weil die Papillarmuskeln sich zwar verkürzen, dadurch die Sehnen angezogen werden, diese Verkürzung hingegen durch die Ausbuchtung compensirt wird, welche das Blut in den Klappen hervorbringt. Hingegen werden allerdings während der systole atriorum bei der Ausdehnung der Ventrikel die Klappen nothwendig mehr gegen die Wandung hingelenkt.[2]

Semilunarklappen. 546—547.

546. Wirkung der Semilunarklappen. Die zweite Art der Klappen zwischen Ventrikel und dem Anfange der Arterien bilden bekanntlich je drei Säckchen, die Sigmoidal- oder Semilunarklappen. Wenn durch die Contraction der Ventrikel das Blut in die Anfänge der Arterien getrieben wird, werden diese drei Säckchen gegen die Wandung der Arterien angedrückt. Da aber bereits Blut in den Taschen enthalten ist, so können sich dieselben nur in dem Masse anlegen, als dies Blut ausweichen kann. Dies wird zu einem grossen Theile der Fall sein, wenn die a. coronariae innerhalb des Raumes der Klappen liegen; s. folgenden §. Im nächsten Momente, wenn die Diastole der Ventrikel eintritt, und die Blutsäule in den Arterien einen stärkern Druck auf die Klappenwand ausübt, als das Blut in den Ventrikeln, so entfernen sie sich wieder von der Wandung und in ihre offenen Höhlungen senkt sich das Blut ein. Die drei Klappen werden auf diese Weise ausgefüllt, legen sich gegen einander und verschliessen dem Blute den Rücktritt aus den Arterien in

1) Über die Wirkung der Klappen vgl. Baumgarten in Müller's Arch. 1843, p. 463. — E. H. Weber in Prager Vierteljahrsschr. 1848, III, 105. — Nega, Beitr. zur Kenntn. d. Funct. d. Atrioventrikularklappen. Berlin 1852.

2) Valentin, Phys. I, 423. — Reid in Todd's Cycl. Heart.

Digitized by Google

die Ventrikel vollständig. Man kann ein frisches Herz der Art von der aorta oder a. pulmonalis mit Wasser füllen, dass sich die Klappen völlig schliessen und kein Tropfen Wasser in die Ventrikel zurückfliesst. Die Ränder der drei Klappen (lunulae) stossen in einem Punkte zusammen, welcher in dem Mittelpunkte der aorta oder a. pulmonalis liegt. Von diesem Punkte gehen im angefüllten Zustande der Klappe in jeder Klappe zwei Linien (die Hälften der lunulae) aus, welche wie Radien von Kreisen, die in den Aortenzirkel hineingelegt sind, betrachtet werden können (Retzius).[1])

547. Gleich am erweiterten Anfange der aorta adscendens finden sich drei Erweiterungen, die sinus Valsalvae. Aus dem vordern entspringt die a. coronaria cordis dextra, aus dem linken hintern die sinistra. Die Öffnungen liegen so, dass sie in den meisten Fällen bei dem Menschen an die äussere Wandung der betr. Semilunarklappe zu liegen kommen, und wenn man daher den obern Klappenrand anzieht und ihn an die Arterienwand anlegt, so werden die Öffnungen dadurch verdeckt. Hingegen ist diese Lage keineswegs constant; häufig ist eine Öffnung verdeckt, die andere nicht, wie bei vielen Thieren, z. B. beim Schweine, immer.[2]) — Brücke[3]) hat die Meinung aufgestellt, dass während der Systole durch das Anlegen der Semilunarklappen die a. coronariae nicht mit neuem Blut versorgt würden, dass hingegen bei der Diastole, in welcher die Klappen die Wand wieder verlassen, das Blut in die Kranzarterien gedrängt würde. Durch diese Einrichtung wird nach Brücke verhütet, dass während der Systole, also während der Verengerung der Herzhöhlen, nicht eine entgegengesetzte Wirkung durch die mit der Füllung der a. coronariae nothwendig verbundene Erweiterung störe; bei der Diastole der Ventrikel sei aber die Erweiterung nützlich. Die erstgenannte Behinderung ist unzweifelhaft, jedoch lässt sich wohl annehmen, dass sie gegen die Herzkraft verschwindend klein sei. Auf die Erweiterung wird z. B. von Donders[4]) ein besonderes Gewicht gelegt. Es ist zwar richtig, dass, wenn eine grössere Menge von Blut in der Muskelwandung des Herzens enthalten ist, dieselbe dicker und breiter wird. Durch ihre Zunahme in der Dicke wird natürlich die Herzhöhle eher enger als weiter, wohl aber durch ihr Breiterwerden kann dieselbe sich vergrössern. Es kömmt darauf an, ob die innere oder äussere Wand einem grösseren Drucke ausgesetzt

1) Retzius in Müller's Archiv 1843, p. 14.

2) Höchst umfangreiche und genaue Untersuchungen hierüber hat Hyrtl (Selbststeuerung des Herzens. Wien 1855) angestellt.

3) Brücke in Sitzungsbericht der Wiener Akademie 1854, p. 345. Ferner: Verschluss der Kranzadern durch die Aortenklappen. Wien 1855.

4) Donders, Phys. I, 40.

Digitized by Google

ist. Jenes ist der Fall, weil das Herz mit Blut gefüllt ist. Daher würde allerdings, wenn sich die Brücke'sche Annahme überhaupt bestätigt, auch diese Folgerung richtig sein. — Derselben trat aber Hyrtl hauptsächlich aus anatomischen Gründen entgegen. Auf die Seite des Letzteren traten Endemann, Rüdinger u. A., auf die Brücke's v. Wittich, Ludwig u. A. Der Versuch, den v. Wittich angibt und auf den Ludwig ein besonderes Gewicht legt, ist folgender: In die linke Kranzarterie eines Schweineherzens füge man ein entsprechendes Glasröhrchen, nachdem die rechte zugebunden ist. In den linken Vorhof binde man ein Messingrohr mit anderthalbfacher Durchbohrung (dieses ist nicht absolut erforderlich) ein, in die aorta eine Kautschukröhre; das Herz muss ohne gedrückt zu werden, auf einer passenden Unterlage liegen. Man lässt nun in das Messingrohr einen Wasserstrahl fallen, aus einer 3—4′ hohen Glasröhre (ich setze dasselbe mit einem Hahne einer Wasserleitung in Verbindung) und beobachtet, ob während des Einfliessens oder nach dem Schlusse des Hahnes, wo also kein Druck wirkt, aus der a. coronaria Wasser fliesst oder nicht. Nach der Angabe v. Wittich's und Ludwig's spritzt das Wasser erst nach dem Schliessen des Hahnes, nicht früher, woraus also abzunehmen wäre, dass während der Systole die coronariae kein Blut erhielten, sondern während der Diastole. — Ludwig bemerkt indessen weiter, dass in dem Momente des beginnenden Stromes zuweilen nicht sogleich, sondern merklich später der Ausfluss unterbrochen werde; während in andern Fällen mit der Drehung des Hahnes der Strahl aus der coronaria aufhöre, woraus hervorgehe, dass die zum Anlegen nöthige Zeit sich merklich verschieden stellen müsse. — Ich habe den Versuch sehr häufig wiederholt und in den überwiegend meisten Fällen beobachtet, dass, sowie der Hahn geöffnet war, das Wasser aus dem Röhrchen der a. coronaria hervordrang. Es versteht sich dabei von selbst, dass in der aorta Wasser sein muss, denn sonst ist der Versuch dem lebenden Zustande nicht conform angestellt. — Auf diese erste Wirkung kommt aber, wie mir scheint, alles an. Denn die Systole dauert ja auch nur ein kurzes Moment. — Der Ausfluss aus der a. coronaria kommt aber dann nicht zu Stande, wenn die Taschen nicht gefüllt waren, weil dann dieselben an die Wand angedrückt werden. Dass nach dem Schliessen des Hahnes, also bei dem Analogon der Diastole, aus der coronaria das Wasser spritzt, hat nichts Auffallendes. Denn aus der in die aorta gesteckten Röhre fliesst das Wasser vermöge seiner Schwere herab und kommt aus der cononaria heraus. — Wenn man erwägt, dass die beiden sinus Valsalvae, in welchen die Öffnungen der coronariae sich befinden, vor der Systole mit Blut gefüllt sind, so scheint es kaum in Abrede gestellt werden zu können,

Digitized by Google

dass der Inhalt der Taschen zum allergrössten Theile in die Mündungen der coronariae fliesst. Man kann sich aber leicht vorstellen, dass nur eine sehr kleine Blutmenge für die etwa $1^1/_2$''' dicke, bereits mit Blut gefüllte Arterie ausreicht, und dass wahrscheinlich mehr als eine solche Quantität in den Taschen befindlich ist. — Auch möchte der Nachweis von Hyrtl, dass unter 100 Herzen bei 32 zu den Kranzarterien Blut während der Systole gelangen konnte, sehr gegen die Brücke'sche Annahme sprechen. [1]) Dass hingegen während der diastole ventriculorum in Folge der sich wieder verengenden Aortenwandungen Blut in die Kranzarterien einfliessen wird, scheint mir sicher zu sein.

Rücktritt von Blut in die Venen.

548. Bei jeder Contraction der Vorkammern tritt etwas Blut in die grossen Venenstämme zurück, welches bei jeder Diastole wieder abfliesst, wodurch zuweilen bei blossgelegter v. jugularis grösserer Thiere eine rhythmische Bewegung in diesem Gefässe bemerkt wird. Häufiger beobachtet man nach dem Tode weit verbreitete Venenpulsationen, wenn schon die Bewegungen der Ventrikel aufzuhören beginnen; so z. B. sah ich dies bei Kaninchen in der vena cava inferior innerhalb der Bauchhöhle, aber auch in der v. cava superior.

Rhythmus und Typus der Herzbewegung.

549. Das Herz bewegt sich rhythmisch; d. h. in gewissen Zeitabschnitten wiederholen sich regelmässig Systole und Diastole, so dass auf dieselbe Zeiteinheit annähernd eine gleiche Anzahl von Schlägen kommt. — Der Typus der Herzbewegung besteht darin, dass Vorkammerschlag, Herzkammerschlag, Pause sich in dieser Ordnung folgen und die Bewegungsgrösse sich annähernd gleich bleibt. Die wichtigsten Beobachtungen über Frequenz und Intensität des Herzschlages sollen im Folgenden gegeben werden.

Frequenz der Herzschläge. 550—577.

550. Die Schläge, welche das Herz in einer gewissen Zeit (1 Minute) macht, zählt man entweder am Herzen selbst, oder an dem Arterienpulse.

Die wichtigsten Erfahrungen über die Pulsfrequenz sind folgende:

Alter.

551. 1) Alter. Im Allgemeinen nimmt von der Geburt bis zum höhern Alter die Zahl der Pulsschläge ab, dann wieder zu. Im Mittel zählt man während der letzten Schwangerschaftshälfte, in der man durch Auscultation die Herztöne des Kindes hören kann, 140 Schläge, im Minimum 90, im Maximum 180 nach Nägele. [2]) —

---

1) Ueber diesen Gegenstand sind ausser den angeführten Schriften zu vergleichen: Hyrtl in Sitzungsber. der Wiener Akademie 1854, p. 373. — Rüdinger, zur Mechanik der Herzklappen. Erlangen 1857. — Endemann, zur Mechanik des Kreislaufs im Herzen. Marb. 1856. — v. Wittich in der allgemeinen medicinischen Centralzeitung 1857, No. 5. — Mierswa, de mechan. valv. semil. Greifsw. 1858.

2) Nägele, Geburtshülfl. Auscultation 1838, p. 35. — Vgl. ferner Halleri,

Digitized by Google

Gleich nach der Geburt scheint der Puls schon etwas langsamer zu sein.

Die nachstehende Tabelle enthält die Angaben verschiedener Beobachter über die Pulsfrequenz nach der Geburt.

Alter.	Quetelet. [1])	Volkmann. [2])
0—1	136	134
1—5	88 (100)	110,6—103
5—10	—	98 — 90,6
10—15	78 (98)	87 — 83
15—20	69,5 (90)	79,7— 74
20—25	69,7 (98)	71 — 72
25—30	71 (90)	72
30—50	70 (112)	72

im 80. Lebensjahre und weiter 79.

	Leuret und Mitivié [3])	
	Männer.	Frauen.
45—55		67,06
55—65	61,08	70,01
65—75	72,00	75,02
75—85	72,08	77,07
85—93	75,01	84,02.

Man sieht, dass im höhern Alter die Pulsfrequenz zunimmt. Oft mögen Störungen in den Cirkulations- und Digestionsorganen Veranlassung sein.

Geschlecht. 552. 2) Geschlecht. Nach Guy [4]) haben Pulsschläge:

im Alter von	männliche Individuen.	weibliche Individuen.
unter 2 Jahren	110	114
2—5 „	101	103
5—8 „	85	93
8—14 „	84	94
14—21 „	76	82
21—28 „	73	80

el. phys. I, 259. — Dubois in Arch. gén. 1831, XXVII, 465. — Hohl, geburtsh. Explor. 1833. — Seux in Canstatt's Jahrsber. 1855. Phys. Wiss., p. 83.

1) Quetelet, sur l'homme 1835, II, 84. Die in Parenthese eingeschlossenen Zahlen sind die Maxima.

2) Volkmann (Hämodynamik, p. 425) hat seine Mittelwerthe aus eigenen Beobachtungen und denen von Nitzsch, de rat. inter. pulsus frequ. et corp. alt. hab. Halle 1849, und von Guy in Todd Cycl. Pulse zusammengestellt.

3) Leuret und Mitivié, de la fréqu. du pouls chez les aliénés. 1832. — Vgl. auch Hourman et Dechambre in Arch. gén. 2. Sér. IX, 353.

4) Guy in Todd Cycl. Pulse. Vgl. auch Pennock in Amer. Journ. of med. Science 1847. — Volkmann, Hämodyn., p. 436.

Digitized by Google

Alter von	Männliche Individuen.	Weibliche Individuen.
28—35 Jahren	70	78
35—42 „	68	78
42—49 „	70	77
49—56 „	67	76
56—63 „	68	77
63—70 „	70	78
70—77 „	67	81
77—84 „	71	82.

553. 3) Körperlänge. Bei grösserer Körperlänge ist der Puls seltener als im umgekehrten Falle. Dies wurde zuerst von Senac[1]) beobachtet, später von Bryan Robinson, Rameaux und Serrus,[2]) Volkmann. Die letztern Beobachter stellten eine bestimmte Formel für das Verhältniss zwischen Körperlänge und Pulsfrequenz auf. Nach Rameaux ist diese umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Körpergrösse. Körperlänge.

Bei einer Körperlänge von	wurden beobachtet Pulsschläge in der Minute
8—9 Decimetern	110,9
10—11 „	101,5
12—13 „	92,2
14—15 „	85,1
16—17 „	73,2
18—19 „	72,5
über 20 „	71,2

554. Bei grossen Thieren ist die Pulsfrequenz geringer als bei kleinern, z. B. bei dem Pferde 36—40 in der Minute, bei dem Hunde 100, Kaninchen 150—180.

555. 4) Bewegung. Nach Bryan Robinson und Guy (l. c.) verhält sich die Pulsfrequenz während des Liegens, Sitzens, Stehens = 66 : 71 : 81. Bewegungen mit den untern Extremitäten ausgeführt, wodurch eine viel grössere Muskelmasse in Anspruch genommen wird, machen den Puls häufiger als die der obern Extremitäten (Lichtenfels und Fröhlich).[3]) Bei muskelschwachen Menschen, bei Frauen, wird durch Gehen, besonders Besteigen von Höhen, die Pulsfrequenz bedeutender als bei robusten Individuen. Während des Schlafens mindert sich die Pulszahl. Man kann fast Bewegung.

1) Senac, Traité du coeur II, 214.

2) Rameaux in Bull. de l'acad. de Brux. 1839, p. 121.

3) Lichtenfels und Fröhlich in Denkschr. der Wien. Akad. III, 129. 1852.

Digitized by Google

darauf rechnen, dass der Puls, welcher vor Schlafengehen 80 beträgt, des andern Morgens 6—8 Schläge seltner geworden ist. So fand z. B. Trousseau [1]) bei Kindern von 15—30 Tagen 121 während des Schlafes, 140 während des Wachens.

Geburtsthatigkeit.

556. Während jeder Geburtswehe nimmt, nach Martin, die Pulsfrequenz zu, in 5 Secunden um einen bis zwei Schläge.

Temperatur.

557. 5) Hohe Temperatur hat eine grössere Pulsfrequenz zur Folge. — Ich [2]) habe eine Reihe von Versuchen an ausgeschnittenen Froschherzen gemacht, die in warmes Wasser gelegt wurden. Vor dem Ausschneiden schlug das Herz bei *A* 68, *B* 48, *C* 44 in der Minute. Die zwei ersten wurden augenblicklich nach dem Ausschneiden in warmes Wasser von 45° C. gelegt. Bei *A* schlug das Herz so häufig, dass man seine Schläge nicht mehr zählen konnte, stand aber nach $^1/_4$ Minute schon still. Es vibrirte hingegen noch ein paar Minuten, als es aus dem Wasser auf den Tisch gelegt ward. Bei *B* vermehrte sich die Pulsfrequenz von 48 auf 120, bei *C*, das erst einige Zeit nach dem Ausschneiden in warmes Wasser gelegt war, in einer Minute von 12 auf 80 Schläge. Die Bewegung der nicht ausgeschnittenen Herzen vermehrt sich bei einer Temperatur von 45° C. gleichfalls bedeutend, z. B. in einem Falle von 3 auf 20. Gleiche Resultate fand unter andern Calliburces. [3])

558. Athmen von sehr warmer Luft bringt bei Menschen gleichfalls vermehrte Herzpulsationen hervor. Als sich z. B. fünf englische Forscher [4]) in einer künstlich bis 211° F. (= 79°2 R.) erhitzten Luft aufhielten, stieg bei einem (Fordyce) die Zahl der Herzschläge bis 130 und 140 in der Minute. Delaroche [5]) sah in einer Temperatur der Luft von 65° C. seinen Puls bis 160 steigen.

559. Der Genuss warmer Speisen hat rasche Zunahme der Herzschläge zur Folge. So ist es ganz gewöhnlich, dass nach dem Genusse einer warmen Suppe oder von Kaffee, wenn sie, wie gewöhnlich, 40° R. und mehr haben, eine Zunahme von 10 und mehr Schlägen in der Minute eintritt.

560. Alle diese Fälle beziehen sich darauf, dass das Blut resp. das Herz beträchtlich höher temperirt wird, als es seinem Normalzustande zukommt, also bei Säugethieren und dem Menschen über 28—30° R.

---

1) Cf. Milne Edwards, Leçons de la Phys. IV, 76.

2) Budge in Archiv für phys. Heilk. V, 599.

3) Calliburces in Gaz. hebd. 1857, p. 468. Canstatt's Jahresber. Physiol. W. 1857, p. 69.

4) Blagden, Exper. in a heated room. Philos. Transact. 1775, p. 111.

5) Vgl. Milne Edwards, Phys. IV, 77.

Digitized by Google

561. Hingegen sind noch nicht genug Beobachtungen über Pulsfrequenz bei den verschiedenen tiefer liegenden Temperaturen mit Berücksichtigung aller hierbei in Betracht kommender Nebenverhältnisse gemacht worden, um ein ganz bestimmtes Resultat angeben zu können. Nur so viel ist sicher, dass bei einer Temperatur unter 0° die Herzschläge häufiger sind, als etwa bei + 3 bis 6°, und hier häufiger, als bei + 10 u. s. w. — Ganz in entsprechender Weise werden die Athemzüge bei kälterer Temperatur häufiger, als bei wärmerer; und es ist wahrscheinlich, dass dies Verhalten des Herzens von dem der Respirationsorgane beeinflusst wird.

562. In wie weit 6) das Anhalten des Athems auf die Pulsfrequenz wirkt, ist noch nicht vollständig aufgeklärt. E. F. Weber [1]) hat bei Versuchen, an welchen sich E. H. Weber betheiligte, gefunden, dass Anhalten des Athems bei verschiedenen Graden der Erfüllung der Lungen, im Zustande der gewöhnlichen, sowie auch in dem der tiefsten In- und Exspiration keinen merkbaren Einfluss übe. Das Anhalten geschah ½ Minute lang. Donders [2]) fand bei Versuchen an acht verschiedenen Menschen, welche sehr langsam (8 — 20 Secunden) inspirirten, den Puls langsam und bis zum Verschwinden klein werden. — Die Verschiedenheit im Resultate schreibt derselbe dem Umstande zu, dass, wenn nicht tief genug eingeathmet und der Athem nicht anhaltend genug angehalten werde, das Resultat nicht genügend ausfalle. Ich muss mit dieser Annahme übereinstimmen. Ich habe nämlich bei mir selbst dasselbe Resultat, wie Weber gefunden, bemerke aber, dass ich fast unbewusst kleine Exspirationen dazwischen mache und wiederum kleine Inspirationen. Bei einem Andern, der mit grosser Energie die Inspiration vollständig beibehielt, fühlte ich hingegen ein Seltnerwerden des Pulses. Anhalten des Athems.

E. F. Weber machte ferner die interessante Beobachtung, dass, wenn der Luft der Austritt aus der Brusthöhle verschlossen und die Brust zugleich comprimirt wird, Herz- und Pulsschlag fast augenblicklich verschwinden und nicht eher wieder zurückkehren, bis die Zusammendrückung der Brust nachlässt. Auch die Herztöne hören auf.

563. 7) Dichtigkeit der Luft. Bei Besteigung hoher Berge und in hohen Luftschichten, wo also Luftdruck und Temperatur beträchtlich abnehmen, vermehrt sich die Pulsfrequenz. Dichtigkeit der Luft.

---

1) E. F. Weber in Müller's Archiv 1851, p. 88.

2) Donders in Froriep's Tagesberichten 1852, No. 687.

Digitized by Google

Puls in der Tiefe.	Höhe über d. Meeresfläche.	Puls-frequenz.	Beobachter.	Ort.
70	10722′	193	Parrot.	Maladetta in den Pyrenäen.
65	9500′	80	Brunner.	Aetna.
72	14309′	100	de Saussure.	Montblanc.
62	8354′	80	Gay-Lussac.	Luftschiff-fahrt 1804.
88	8354′	111	Biot.	„

564. Wird die Luft comprimirt, wie dies mitunter zu Heilzwecken, z. B. in Nizza geschieht, so nimmt die Pulsfrequenz beträchtlich ab (Vivenot). [1])

Verschiedene Gasarten.

565. 8) Sauerstoff und andere Gase. Bringt man ein Froschherz unter die Glocke der Luftpumpe, so werden alsbald mit der Entziehung der Luft die Schläge schwächer und hören nach einer halben Minute schon auf, beginnen aber wieder, sobald von Neuem Luft eintritt (Fontana, Tiedemann). [2])

566. Sehr häufig beobachtet man bei todten Thieren, denen die Brust geöffnet wurde, das stillstehende Herz sich von Neuem bewegen. Selbst bei Menschen will man noch 12 Stunden nach dem Tode durch Lufteinblasen Herzbewegungen entstehen gesehen haben. [3])

567. In Sauerstoff dauern die Herzschläge von Fröschen 12 Stunden, in Wasser- und Stickstoff nur 1 Stunde, in Schwefelwasserstoff 12 Minuten, in Kohlensäure 6 Minuten, in salzsauren Dämpfen 2 Minuten (Castell). [4])

568. Hingegen soll CO^2 erregend auf die Herzbewegung einwirken (Brown-Séquard). [5]) Auch Aufenthalt in einer Luft, in der viel ausgeathmete Luft ist, beschleunigt die Pulsfrequenz.

Blut.

569. 9) Blut. Es ist durch zahlreiche Versuche, besonders durch Haller, [6]) festgestellt, dass der Zutritt von Blut das stillstehende Herz wieder von Neuem zu Bewegungen anregt. Haller unterband bei einem Aale die vena cava und die Kiemenarterien. Der Vorhof erhielt kein Blut mehr, die Kammer konnte keins mehr entleeren. Jenes hörte zu schlagen auf, diese bewegte sich weiter. Selbst einzelne Stücke des Herzens in Blut gelegt schlagen länger fort.

---

1) Vivenot jun. in Virchow's Arch. 1860, XIX, 492. Dabei wird die Athemfrequenz gleichfalls gering, die Hautsecretion nimmt ab, die Harnabsonderung zu.

2) Tiedemann in Müller's Arch. 1847, p. 490.

3) Senac, Traité du coeur. I, 426.

4) Castell in Müller's Archiv 1854, p. 248.

5) Brown-Séquard in Canstatt's Jahresber. 1853, I, 153.

6) Haller, El. phys. IV. Sect. V, §. 4 u. 14. — Budge in Archiv für phys. Heilk. 1846, V, 564. — Schiff, ebendas. 1850, IX, 34.

Digitized by Google

Besonders wirksam ist die Einspritzung von Blut in die a. coronariae, wodurch das stillstehende Herz von Neuem belebt wird (Brown-Séquard).

Wird ein Froschherz vollständig unterbunden, so sind die Contractionen bedeutend energischer, und die Herzspitze hebt sich viel mehr, als bei einem andern absichtlich blutleer gemachten Herzen. Hingegen habe ich beobachtet, dass ein solches unterbundenes, mit Blut angefülltes Herz nicht so lange schlug, als ein leeres. Auch habe ich nicht gesehen, dass bei Fröschen, welche möglichst viel Blut verloren hatten, so dass das Herz sehr klein und blass war, dasselbe eher zu schlagen aufhörte, als bei solchen, bei denen man gar kein Blut entzogen hatte.

Blutentziehungen.

570. Blutentziehungen haben fast beständig eine Vermehrung der Pulsschläge zur Folge, wie Beobachtungen an Menschen (M. Hall)[1] und Thieren (Hering,[2] Volkmann)[3] lehren. So vermehrte sich z. B. bei einem Pferde nach einem Blutverluste von 25 Pfd. die Pulsfrequenz von 44 auf 100.

Verdauung.

571. 10) Verdauung. Nach dem Genusse von Speisen nimmt beinahe constant die Zahl der Pulsschläge zu. Es muss jedoch dabei beachtet werden, dass warme Speisen schneller diese Wirkung hervorbringen, als kalte, dass animalische Nahrungsmittel zwar früher, als vegetabilische eine Vermehrung der Pulsfrequenz zur Folge haben, aber letztere eine viel stärkere und länger anhaltende. Es ist mir vorgekommen, als ob manche Vegetabilien sich hierin besonders auszeichneten; ich habe dies bei mehren Menschen nach dem Genusse von abgebrühten, nicht geschälten Kartoffeln (Solanin?) in auffallender Weise beobachtet. Lichtenfels und Fröhlich geben über die Wirkung der Nahrung auf den Puls folgende Beobachtungen an:

Zeit.	Zahl der Pulsschläge.	Bemerkungen.
7 Uhr Morgens	69,36	vor dem Frühstück
8 „ „	78,62	
8½ „ „	82,43	
9 „ „	80,52	
10 „ „	74,15	
1 „ Mittags	68,50	vor dem Essen
2 „ „	77,26.	

1) M. Hall, Research. princ. relative to the morbid and curat. effects of Loss of blood. Lond. 1830, p. 31.

2) Hering in Archiv für phys. Heilkunde. 1853, p. 112.

3) Volkmann, Hämodynamik, p. 253.

Digitized by Google

Nach denselben Beobachtern vermindern alkoholische Getränke zuerst den Puls und beschleunigen ihn später.

572. Reichliche Wasseraufnahme vermindert nach Böcker[1]) den Puls.

573. Bei Nahrungsmangel nimmt zwar eine Zeit lang die Pulsfrequenz zu, wie bei Blutentziehungen, bei fortgesetzter Entbehrung aber ab.

Mechanische Einwirkungen.

574. 11) Mechanische Einwirkungen bringen, wie alle Reize, je nach ihrer Intensität entweder Vermehrung der Bewegung des Herzens oder Erschöpfung desselben hervor. Wenn das Herz aufgehört hat zu schlagen, und man drückt eine Stelle mit der Pincette, so entsteht ein neuer Schlag, ist aber der Druck sehr stark, so bewegt sich das übrige Herz, mit Ausnahme der gereizten Stelle. — Besonders hervorzuheben ist starke bleibende Dehnung des Herzens. Daher hört nach Unterbindung eines Herzstückes, welches von Blut strotzt, alsbald dasselbe zu schlagen auf. Starke mechanische Erschütterung des Herzens bringt einen vollkommenen Stillstand hervor. Dies geschieht z. B., selbst wenn man die Nervencentraltheile bei einem Frosche völlig zerstört hat und das Thier kräftig auf den Boden wirft. Der Herzschlag wird seltener oder hört eine Zeit lang auf, und kommt später wieder.

Elektrische Reize.

575. 12) Elektrische Reize. Das Herz dem elektrischen Strom ausgesetzt, bewegt sich häufiger, wie schon Fowler, Humboldt u. A. angeben. Hiervon und von dem Nerveneinflusse auf das Herz wird unten besonders gehandelt, §. 656.

Tageszeiten.

576. 13) Tageszeiten. Besonders interessant ist die Veränderung des Pulses, welche man unter gleichen Aussenverhältnissen zu verschiedenen Zeiten des Tages beobachtet. Es liegen hierüber Untersuchungen von Harden,[2]) Guy,[3]) Knox,[4]) mir,[5]) Fröhlich und Lichtenfels vor.[6]) Eine sehr grosse Anzahl von sorgfältig angestellten Beobachtungen haben mir folgende Resultate geliefert. Als allgemeine Regel kann gelten, dass bei Gesunden die Frequenz des Pulses während 24 Stunden drei Abnahmen und drei Zunahmen zeigt. In den Abendstunden (gewöhnlich zwischen 6 und 8 Uhr) beginnt die erste Abnahme, welche bis gegen Mitternacht dauert. Hierauf folgt die erste nur 1 oder 2 Stunden (bis

---

1) Böcker in Acta leop. XXIV. 1, p. 390.
2) Harden in American Journ. of med. Science 1843, V, 340.
3) Guy in Todd's Cyclop. IV, 193.
4) Knox in Edinb. Med. and Surg. Journ. 1815, XI, 54.
5) Budge in Casper's Wochenschrift 1842, p. 10.
6) Fröhlich und Lichtenfels, Ber. der Wiener Akad. III, 122.

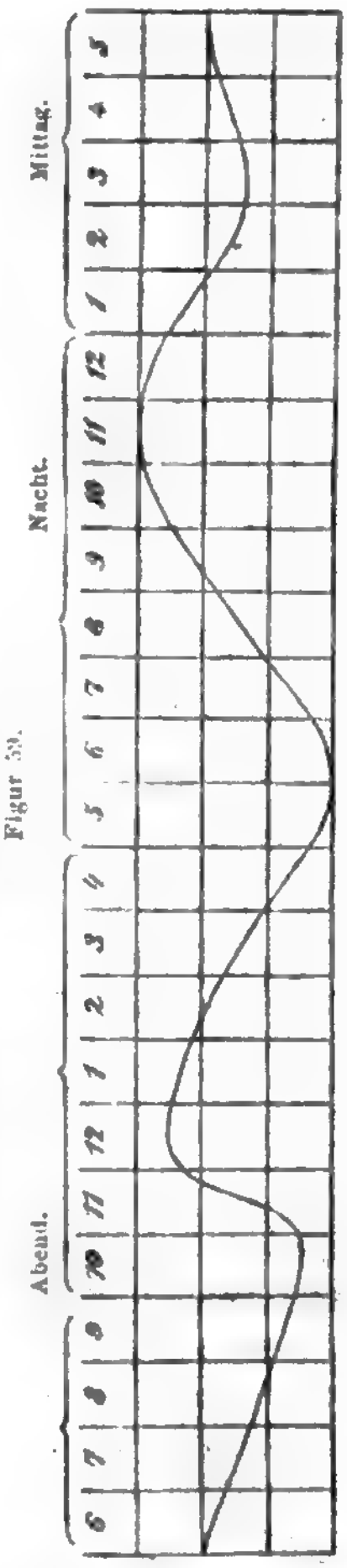
Digitized by Google

gegen 12 Uhr) dauernde Zunahme; sodann bis gegen 3 oder 4 Uhr Morgens die zweite Abnahme; bis gegen 10 oder 11 Uhr die zweite Zunahme; von da bis 1 oder 2 Uhr Mittags die dritte Abnahme und von da bis Abends die dritte Zunahme. — Hier folgen einige Beispiele bei vier männlichen Individuen:

	A. 3 J. alt. (Während des Schlafes.)	*B.* 7½ J. alt.	*C.* 29 J. alt. (Wachend.)	*D.* 43 J. alt.
Abends				
9 U.	106	86	—	68
10 „	96	84	65	68
11 „	93	83	64	62
12 „	106	76	64	54
1 „	106	78	70	50
2 „	105	80	—	—
3 „	102	74	62	—
4 „	100	76	60	—
8 „	106	—	68	55
Morgens				
9 U.	—	—	71	58
10 „	—	—	78	59
11 „	—	—	—	53

In der beistehenden Figur 59 ist das Verhältniss der Schwankungen veranschaulicht. Nur muss man festhalten, dass bei verschiedenen Individuen nicht die gleichen Stunden eingehalten werden, dass z. B. die Morgenculmination bei Manchen schon vor 9, bei Andern nach 11 Uhr erfolgt; dass die Abweichungen bald geringer, bald stärker ausfallen. — Die Morgenzunahme dehnt sich sogar mitunter bis zum Nachmittage aus, so dass die Abnahme, welche eintreten sollte, ganz ausbleibt.

Bei diesen Versuchen ist stets darauf zu sehen, dass die Nahrungsaufnahme unterbleibt.



Figur 59.

Allgemeine Gesichtspunkte über Pulsfrequenz.

577. Die verschiedenen, eben angegebenen Veranlassungen, welche die Pulsfrequenz verändern, lassen sich bis jetzt noch nicht auf exacte wissenschaftliche Gesichtspunkte zurückführen. Wir müssen uns beschränken, einige Andeutungen zu machen. Soviel steht zunächst fest, dass der Herzmuskel eine grössere Anzahl von Contractionen in derselben Zeit

Digitized by Google

macht, wenn häufigere, stärkere oder ungewöhnliche Anregungen auf ihn einwirken. Von solchen Anregungen kennen wir einige, welche auch im lebendigen Körper das Herz zu erreichen vermögen. Obenan steht wohl der Sauerstoff. Ueber seinen Einfluss auf das Herz war schon die Rede. Da nun die Blutkörperchen Sauerstoff gebunden enthalten, so lässt sich erwarten, dass jede Veranlassung, welche die Sauerstoffzufuhr unterhält und befördert, die Herzschläge vermehrt. Man kann aber ohne Uebertreibung sagen, dass kein organischer Process abläuft, ohne dass er von einem chemischen begleitet wird, und dass kein chemisch-organischer Vorgang ohne Zutritt von Sauerstoff erfolgt. Dann aber wird es nicht auffallen, dass mit Bildung und Rückbildung im Körper auch die Pulsfrequenz in einem innigen Zusammenhange steht. In der ersten Lebenshälfte wächst der Körper, freilich in stets abnehmendem Grade, in der zweiten Hälfte herrscht die Rückbildung bis zur endlichen Auflösung in zunehmender Progression vor. Demgemäss fällt der Puls von der Geburt bis zu dem mittleren Alter, steigt dann wieder langsam. Bei den vielen im Alter oft hinzukommenden krankhaften Zuständen müssen selbstverständlich viele Modificationen eintreten.

Mit Zunahme des Athemholens wird daher in der Regel auch die Pulsfrequenz sich steigern. Frauen athmen häufiger als Männer, nach Blutentziehungen vermehrt sich gleichfalls die Zahl der Respirationen, ebenso bei Bewegungen, während des Wachens, nach dem Genusse von Nahrungsmitteln u. s. w. Kurz — Stoffverbrauch — sei es zur Neu-, sei es zur Rückbildung, geschehe er im normalen oder im krankhaften Zustande, fordert Vermehrung von Sauerstoff, Bewegungen der Respirations-, der Herzmuskeln.

578. Eine zweite Anregung ist die Wärme. Wird durch Speisen oder Luft das Blut stärker erwärmt, so vermehrt sich der Herzschlag.

579. Eine dritte Anregung möchte der mechanische Druck des Herzens, sowohl von Aussen, als von Innen sein. Dahin ist vielleicht die Veränderung der Pulsfrequenz zu rechnen, welche bei starker Ansammlung von Gas in den Gedärmen entsteht, und bald eine Vermehrung, bald, je nach der Reactionsfähigkeit der Herzmuskeln, Intermissionen zur Folge haben kann. Andererseits lassen sich diejenigen Wirkungen damit in Zusammenhang bringen, welche durch Anhalten des Athems in der Inspiration bei zusammengedrückter Brust zum Vorschein kommen. E. Weber erklärt das Aufhören des Herzschlags und der Herztöne in folgender Weise: Durch die Compression der Brust wird die Luft, welche nicht entweichen kann, da die Stimmritze verschlossen wäre, comprimirt und hemmt den Zufluss des Venenblutes zum Herzen vollständig. Dieses entledigt sich an-

Digitized by Google

fangs durch einige Contractionen seines Inhaltes, und weil kein Blut mehr in die aorta gelangt, so hört der Puls auf. Es fehlt auch der Herzschlag, weil die Muskelkraft des Herzens unmittelbar nur nach Innen wirkt und daher, wenn ihr die Blutmasse keinen Widerstand entgegen setzt, der ihr eine andere Richtung ertheilt, auch keine Wirkung nach Aussen übt.

580. Wir haben bisher von den Anregungen zur Herzbewegung gesprochen. Es ist klar, dass zweitens von der Reactionsfähigkeit des Muskels ausserordentlich viel abhängt. Ein schwacher, kranker, eine geringere Faserzahl enthaltender Muskel kann nicht so viel leisten, als ein kräftiger starker Muskel. Es kann indessen vorkommen, dass sich zwei Einflüsse kreuzen, indem eine starke Anregung auf einen schwachen Muskel einwirkt. Das eine Moment vermehrt, das andere vermindert die Herzthätigkeit; — es wird also ein mittlerer Erfolg eintreten. — Von der Muskelschwäche des Herzens hängt es wahrscheinlich ab, dass durch Fasten, bei manchen Menschen nach starken Bewegungen die Pulsfrequenz sinkt, vielleicht gehört hierher auch der so seltene Puls bei Gelbsucht. Letzteres ist deshalb zu vermuthen, weil bei dieser Krankheit die Muskeln des ganzen Körpers an Leistungsfähigkeit gewöhnlich abnehmen.

581. Drittens endlich muss zur Beurtheilung unseres Gegenstandes noch das Verhältniss zwischen der Häufigkeit und Intensität der Bewegung hervorgehoben werden.

582. Um die Intensität, mit welcher das Herz sich contrahirt, kennen zu lernen, kann man sowohl direct den Herzstoss zu messen suchen, als auch die Expansion der Arterie. Ganz genügende Aufschlüsse sind jedoch bis jetzt auf keinem der beiden Wege erreicht worden. In der neuern Zeit sind besondere Apparate angegeben worden, durch welche man einen leichten Hebel auf eine Arterie setzt, um durch die Erhebung desselben während der Erweiterung die Grösse dieser Bewegung zu messen; so von Herisson, Vierordt und Marey. Bei der Ausführung zeigen sich viele Schwierigkeiten, welche den praktischen Werth schmälern. Intensität der Herzbewegung.

Wir geben im Folgenden eine Beschreibung des Vierordt'schen Sphygmometer. — Durch dasselbe können die Frequenz, die mittlere Dauer des Pulses, die Kraft desselben und viele andere Einzelheiten bestimmt werden, worüber wir auf Vierordt's Arbeit [1]) verweisen.

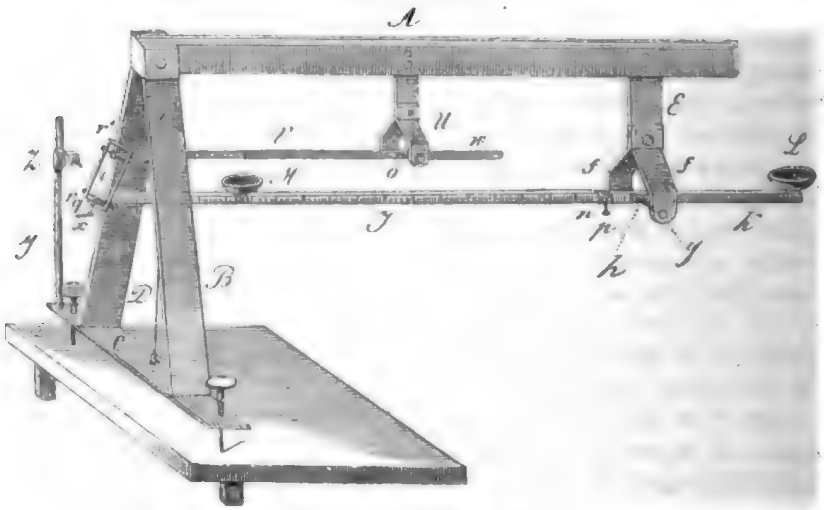
583. Als Träger das Ganzen dient eine 62 Centimeter lange, etwa 25 Millimeter hohe und 5 Mm. breite, wagerechte Stange *A* von Sphygmometer.

1) Vierordt, Lehre vom Arterienpuls. Braunschweig 1855.

Digitized by Google

Eisen. Dieselbe wird an ihren beiden Enden gestützt durch je zwei 20 Cm. lange eiserne Schenkel *B*. Um Raum zu ersparen, ist in der Abbildung das letzte Drittel der Stange *A* sammt dem hintern Schenkel *B* weggelassen. Die Schenkel stehen an ihren untern Enden 11 Cm. von einander ab und sind daselbst unter sich durch ein wagerechtes Zwischenstück *C* verbunden. Jedes Ende des Zwischenstückes ist mit einer messingenen Schraube versehen, um das Ganze je nach Bedarf etwas höher oder niederer stellen zu können. An einem der vordern Schenkel ist ein Senkel *D* aufgehängt.

Figur 60.



Sphygmometer nach Vierordt.

260 Mm. entfernt vom vordern Ende der Stange *A* ragt senkrecht nach Abwärts ein 20 Mm. breiter und 4 Mm. dicker Träger *E* von Messing, welcher sich 55 Mm. unterhalb des untern Randes der wagerechten Stange *A* in zwei Schenkel *f* theilt. Der Abstand der beiden Schenkel beträgt im Lichten 25 Mm. Jeder Schenkel wird durchbohrt von einer kleinen verstellbaren, mit einer conischen Vertiefung versehenen Schraube *g* zur Aufnahme der zwei spitzen Enden der 1½ Mm. dicken und 23 Mm. langen, wagerechten stählernen Axe *h*. Die letztere durchsetzt senkrecht eine 1 Mm. dicke und 5 Mm. hohe Stange von Messing, welche dadurch in zwei Hebelarme getheilt wird. Der vordere lange Arm *J* ist 301 Mm. lang und verjüngt sich nach Vorn ein wenig in Höhe und Dicke. Derselbe ist mit einer Millimeterscala versehen. Auf dem hintern kürzern, blos 100 Mm. langen Hebelarm *K* sitzt eine kleine messingene, verschiebbare Hülse, auf welcher sich eine dünne Wagschale *L*, etwa von

Digitized by

35 Mm. Durchmesser, befindet. Ebenso ist auf dem langen Hebelarm eine etwas kleinere Wagschale *M* angebracht, welche verstellt und nach Bedürfniss auch abgenommen werden kann. Eine zweite verstellbare, 6 Mm. breite Hülse *n* kann mittelst einer kleinen Schraube an den langen Hebelarm befestigt werden. Diese Hülse hat auf der einen Seite ein etwa 2 Mm. grosses Loch, durch welches man, um die Hülse genau einstellen zu können, die Theilstriche des Hebelarmes *J* erblickt. In die Hülse *n* wird ein dünner Stahlstift eingeschraubt, dessen Länge, ohne die Schraubenwindungen, 6 Mm. beträgt. Derselbe endet in ein 6 Mm. langes, 1½ Mm. hohes und 2 Mm. breites Messingplättchen *p*; dessen untere Ränder nicht zu scharf sein dürfen. Das Plättchen dient als Applicationspunkt des Radialpulses. Die untere Fläche des Plättchens ist bei wagerechter Stellung des Hebelarmes *J* 8—9 Mm. tiefer als das untere Ende der Schenkel *f*.

Das vordere Ende des Hebelarmes *J* wird senkrecht durchbohrt von der 12 Mm. langen, ¾ Mm. dicken, stählernen wagerechten Axe *q*, welche mit dem Hebelarm unbeweglich verbunden ist. Die zwei spitzigen Enden der Axe *q* sind (ähnlich wie *g* und *h*) in die conischen Vertiefungen zweier kleinen, blos 3 Mm. langen, verstellbaren Schrauben *r* beweglich eingefügt. Diese Schrauben durchbohren das untere Ende der zwei langen Schenkel des viereckigen Rähmchens *S*, dessen innere Öffnung 13 Mm. Breite und 29 Mm. Höhe hat. Die Messingdicke des Rähmchens *S* beträgt blos 1 Mm.; mit Ausnahme natürlich der Stellen, wo die Schräubchen *r* eingesenkt sind. Die obern Enden der zwei langen Schenkel des Rähmchens *S* werden ebenfalls von zwei Schräubchen *r'* durchbohrt; die conischen Vertiefungen der letzteren nehmen die Spitzen einer stählernen Axe, die der Axe *q* vollkommen gleich ist, auf. Diese Axe durchbohrt senkrecht das vorderste Ende eines als Gegenlenker (Contrebalancier) dienenden Messingstabes *V*, mit welchem sie unbeweglich verbunden ist. Dieser Messingstab ist ein wenig dünner und niederer als der Hebelarm *J*; er bewegt sich wie *J* um eine wagerechte Axe *o* von denselben Verhältnissen wie die Axe *h*. Als Träger dieser Axe dient — ähnlich wie *E* und *f* — die Gabel *U*, welche an der Stange *A* befestigt ist, so dass ihre Mitte 138 Mm. vom vordern Ende der Stange *A* absteht. Die stählerne Axe theilt den Gegenlenker in einen vordern, 173 Mm. langen Hebelarm *V*, und einen hintern, kürzern Arm *W* von blos etwa 52 Mm. Länge. Auf letztern lässt sich, nach Bedarf, die Wagschale *M* des Hebelarmes *J* befestigen.

An das untere wagerechte Verbindungsstück des Rähmchens *S* wird ein 16 Mm. langes, dünnes, nach Abwärts und etwas Vorwärts ragendes Stäbchen angeschraubt, an dessen unterm Ende in wage-

Digitized by Google

rechter Richtung ein zweites, leichtes, wenige Millimeter langes Stäbchen x angeschraubt wird. An letzteres ist ein 6—10 Mm. langer, doch gehörig fester Strohhalm befestigt, auf dessen Spitze mittelst Siegellack ein kleines Stückchen Menschenhaar zum Anschreiben des Pulses an ein, auf die Trommel des Kymographions (s. u. C.) aufgespanntes Papier, angebracht ist. Die Spitze des Haares ragt etwa 50—60 Mm. vor dem vordern Rande des Schenkel B hervor.

Das eine Ende des wagerechten Zwischenstückes C trägt eine etwa 130 Mm. hohe, runde, senkrechte und auf ihrer obern Hälfte mit einer Millimeterscala versehene Messingstange y, auf welcher eine Hülse z auf- und abgeschoben und festgestellt werden kann. Eine runde, etwa 15 Mm. lange und einige Millimeter dicke Stahlstange durchbohrt in wagerechter Richtung die Hülse und kann durch eine Schraube in letzterer festgestellt werden. Die Stange dient, neben andern Zwecken, zunächst zur Unterstützung des langen Hebelarmes J, also überhaupt des beweglichen Theiles der Maschine, namentlich auch ausserhalb der Versuchszeit.

Mit grösster Genauigkeit müssen die Abstände der Axen der Hebelarme eingehalten werden. Bei den von uns gewählten Hebellängen beträgt der Abstand der Axen h und q 300 Mm.; der Abstand beider Axen A und o des Gegenlenkers 172 Mm. Die Axe h steht von der Axe o 125 Mm. ab und liegt 123 Mm. weiter nach Hinten und 24 Mm. tiefer als die Axe o.

Beobachtungen durch das Sphygmometer.

584. Aus den Curven, welche auf das Papier gezeichnet wurden, konnte zunächst bestimmt werden, um wie viel länger ein Pulsschlag als ein anderer dauert; indem jener eine grössere Linie zeichnet, als dieser; ferner das Verhältniss zwischen Expansion und Contraction der Arterien. Es ergab sich in 45 Versuchsreihen Gesunder, dass die Dauer des kürzesten Pulses zur Dauer des längsten in derselben Versuchsreihe in einem Verhältnisse war, = 100 : 137 im Mittel von Gesunden, es kommen aber auch Verhältnisse vor = 100 : 185. — Die Expansion verhält sich zur Contraction im Mittel = 100 : 106, in andern Fällen auch = 100 : 86 und 100 : 143. — In derselben Versuchsreihe variirte die Dauer der Expansionen = 100 : 162, der Contractionen = 100 : 146.

Die Pulsgrösse wächst allmählig, so dass die Zunahme in dem 2. Zeittheilchen kleiner als im 3. ist, erreicht ihr Maximum und sinkt.

Die Zahl der Pulse in der Exspiration zu der in der Inspiration verhielt sich im Mittel = 1000 : 987; die Pulsgrösse ist hingegen während der Inspiration beträchtlicher, als während der Exspiration, im Mittel = 218 : 191. [1])

1) Vierordt, Lehre v. Arterienpuls. Braunschweig 1855. — Vgl. auch Fick, Med. Phys., p. 475, und Vierordt in Archiv für phys. Heilk. N. F. I, 552.

Digitized by Google

b) Erscheinungen an den Arterien.

Fliessen des Blutes aus Arterien.

585. Öffnet man eine grössere Arterie, so sieht man das Blut zwar beständig (d. h. sowohl während der systole als der diastole ventriculorum) ausfliessen, aber mit jedem Herzschlage (bei jeder systole) in einem stärkern Bogen. An kleineren Arterien wird dieser Unterschied in der Art des Ausfliessens immer unmerklicher, in den kleinsten ist der Strom ganz gleichförmig; ebenso in den Capillargefässen und Venen.

Ausdehnung der Arterien der Breite und Länge nach während der systole.

586. Durch das Gefühl, wie durch das Auge, sowohl unmittelbar als auch unter Anwendung besonderer Apparate, kann man sich überzeugen, dass während der systole ventriculorum die grössern Arterien sich sowohl nach ihrer Quer- als Längenaxe ausdehnen.

587. Die sich ausdehnende Arterie übt einen Druck auf die umliegenden Theile aus und ein aufgelegter Finger fühlt denselben als Puls. Das Aufdrücken macht den Puls dadurch fühlbarer, dass neben der am Meisten gedrückten Stelle das Blut nothwendig stärker an die Wandung gestossen werden muss. Es gibt viele Menschen, welche die Ausdehnung grösserer Arterien an sich fühlen, ohne dass sie ihre Finger auflegen.

Bei magern Menschen sieht man namentlich an der a. temporalis die Ausdehnung der Länge und Breite nach. Auch bei blossgelegten Arterien von Thieren beobachtet man die Streckung und Erweiterung sehr gut, so z. B. bei Fröschen an der a. pulmonalis, bei Säugethieren an der aorta abdominalis und den Gekrösadern. Immerhin wird es deutlicher, wenn das Gefäss an einer Seite eine Zerrung oder einen Druck erfährt, weil dann das Blut nach der andern Seite hin mehr gedrängt wird.

Messung der Ausdehnung der Arterien.

588. Poiseuille [1]) hat versucht, die Ausdehnung der Arterien zu messen. Er wandte ein Kästchen an, das aus einem Ober- und einem Unterstücke bestand, welche genau zusammen geschoben werden konnten. An beiden Seiten ist eine runde Öffnung, in welche man die Arterie einlegt. Auf dem Oberstück steht eine graduirte, zum Theil mit Wasser gefüllte Röhre, an der man die durch die Ausdehnung bewirkte Veränderung des Spiegels ablesen kann.

Flourens [2]) legte einen offenen elastischen Ring um ein Gefäss, der dasselbe nicht merklich drückte und beobachtete bei jeder systole des Herzens die Ränder aus einander gehen und bei jeder diastole wieder sich nähern. Man kann diese Streckungen und Beugungen,

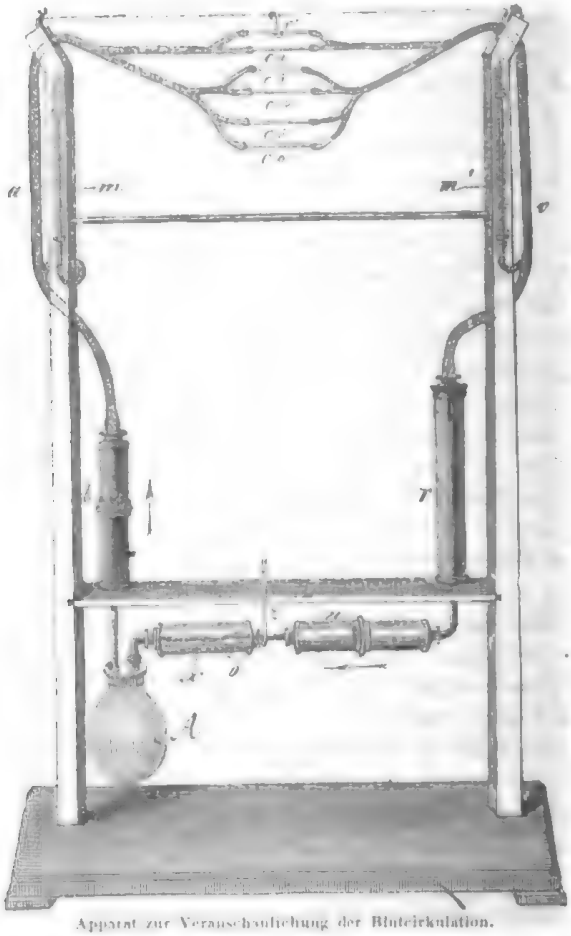
1) Poiseuille in Magendie Journ. de phys. 1829, IX, 46.

2) Flourens in Ann. d. sc. nat. 1837. 2. Sér. VII, 106. Vgl. auch Frey in Müller's Archiv 1845, p. 147.

Digitized by Google

sowie die Pulsation überhaupt sehr schön an dem Apparate Fig. 61 sehen, den ich angegeben habe. Wenn man den Beutel *A* comprimirt, so sieht man z. B. die Röhre *a* Ortsveränderungen machen.

Figur 61.



Apparat zur Veranschaulichung der Blutcirkulation.

Die Arterien können durch ihre Pulsationen leichte Bewegungen der Glieder veranlassen. Auf diese Weise entsteht das Schwanken eines Beines, welches auf dem andern gebogen liegt, und die Schwankungen eines am Arme durch einen Faden aufgehangenen Ringes.

589. Ob die Ausdehnung nach der Länge oder der Breite des Gefässes stärker ist, darüber sind die Angaben abweichend. Nach Valentin [1]) ist das Erstere, nach Volkmann [2]) das Letztere der

1) Valentin, Phys. I, 448.
2) Volkmann, Hämodyn., p. 421.

Digitized by Google

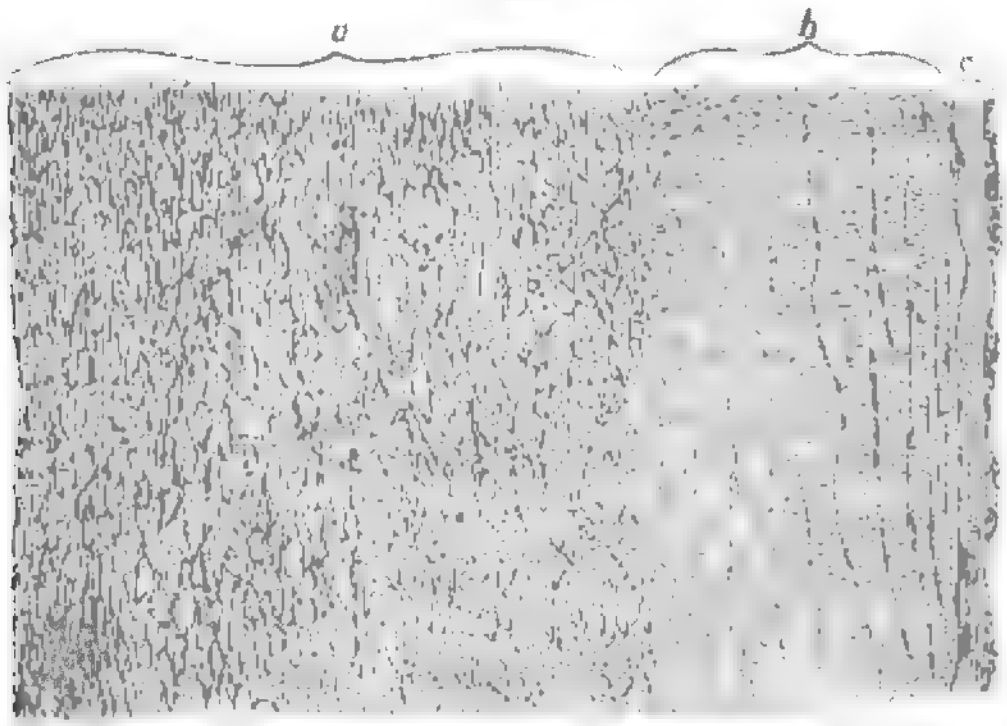
Fall. Wahrscheinlich kömmt viel auf die Umgebung an, welche bald mehr Widerstand nach der einen, bald nach der andern Richtung leistet.

590. Aber nicht dadurch allein, dass die Arterie ausdehnbar ist, wird der Puls unterhalten, sondern dazu dient noch eine zweite Eigenschaft, die Elasticität. Vermöge derselben strebt die ausgedehnte Arterie wieder ihren frühern Durchmesser einzunehmen, und somit dauert das Spiel zwischen der durch jede neue Blutwelle hervorgebrachten Ausdehnung — diastole arteriarum — und der durch die Elasticität bewirkten Zusammenziehung der Arterien — systole arteriarum — beständig fort. Elasticität der Arterien.

591. Die Elasticität der Arterien schwindet nicht durch 24stündiges Kochen und erhält sich Jahre lang, nachdem Arterien in Alkohol gelegen haben.

592. Hauptsächlich ist dieselbe an das elastische Gewebe gebunden, welches in den Arterien sehr verbreitet ist. Jedoch herrscht eine merkliche Verschiedenheit je nach der Dicke der Arterien. Namentlich ist unter den drei Häuten, die man an den Arterien unterscheidet (s. Fig. 62), der membrana intima, media und adventitia, die mittlere in den grössten Arterien ausserordentlich reich an Elastisches Gewebe.

Figur 62.



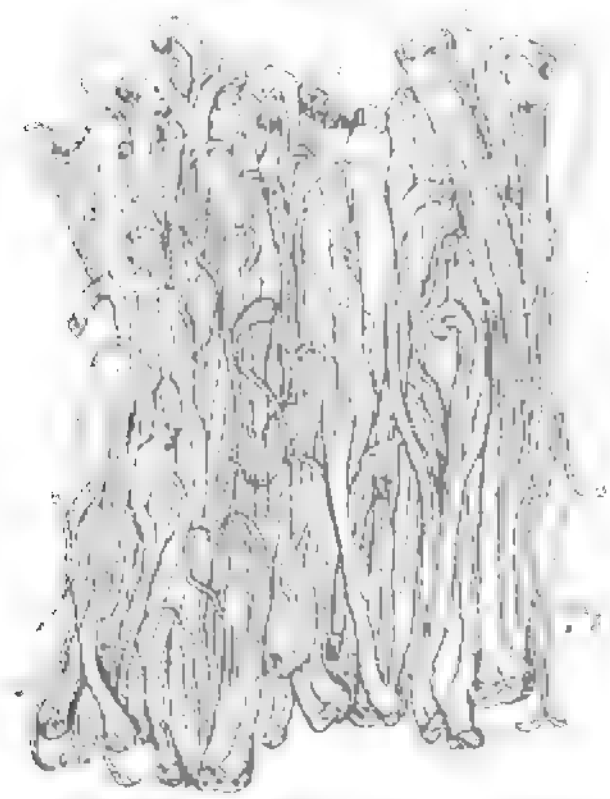
Längsschnitt durch die a. carotis comm. eines Schafes, mit Essigsäure behandelt. *a* Tunica adventitia; *b* tunica media mit glatten Muskelfasern und quer verlaufenden elastischen Lamellen; *c* tunica intima mit *c'* Epithel. 75 Mal vergrössert.

elastischem Gewebe (Fig. 63 und 64), welches in den mittelgrossen abnimmt und in den kleinen nicht mehr vorkommt. — Hingegen fehlt dies Gewebe der intima niemals, und erscheint theils in Form von Längsfasern, theils als netzförmige (sog. gefensterte) Membran. Immer geht die Richtung vorwaltend der Länge nach, während die

Digitized by Google

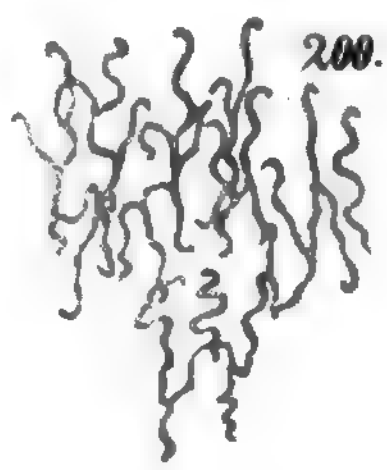
Fasern der media quer verlaufen. — Die adventitia besitzt gleichfalls elastisches Gewebe, am Wenigsten jedoch in den dicksten Arterien, wo sie überhaupt den geringsten Durchmesser hat.

Figur 63.



Dicke elastische Fasern aus der tunica adventitia einer Arterie von 1½ Mm. Durchmesser eines Schafes. 200 Mal vergrössert.

Figur 64.



Elastische Fasern aus der tunica media der a. carotis vom Schweine. 200 Mal vergr.

593. Das elastische Gewebe wird nur von concentrirten Mineralsäuren und Alkalien, nicht von Essigsäure gelöst. Wird es länger als 24 Stunden gekocht, so verwandelt es sich in eine nach Leim riechende, jedoch nicht gelatinirende Flüssigkeit, welche durch Gerbsäure und Sublimat gefällt wird.

Contractilität der Arterien.

594. Eine dritte Eigenschaft der Arterien ist ihre nur während des Lebens und einige Zeit noch nach dem Tode fortbestehende Contractilität, welche von den in denselben vorhandenen glatten Muskelfasern[1]) (Fig. 65) herrührt. Diese Muskeln sind nur in den mittelgrossen und kleinen Arterien bedeutend, gering in den grossen. Parry[2]) fand unmittelbar nach dem Tode die blutleeren Arterien enger als 1 Tag später. Hunter[3]) fand schon durch Messungen des lumen unmittelbar nach dem Tode, als die Reizbarkeit der betr. Thiere noch nicht erloschen war, an verschiedenen

Figur 65.

Glatte Muskelfasern aus der Ringfaserhaut der a. iliaca comm. des Menschen. 130 Mal vergrössert.

1) Die nähere Beschreibung der glatten Muskelfasern s. B. III A. Muskelbeweg.

2) Parry, An exper. inquiry into the nat. of the art. pulse. Lond. 1816. — Vgl. auch Poiseuille in Magendie Journ. 1829, IX, 44.

3) Hunter, Op. III, 194.

Digitized by Google

Arterien, dass die kleineren Arterien relativ weniger klafften, als die grössern, wie auch Thomson [1]) den kleineren Arterien mehr Contractilität, als den grossen zuschrieb. Nach Kölliker [2]) ist die mittlere Haut der kleinen Arterien rein muskulös, der mitteldicken aus Muskelfasern und elastischen Fasern gemengt, der grossen vorwiegend elastisch.

595. Arterienverengerungen kann man a) künstlich bewirken: α) durch Reizung der Arterien selbst und β) solcher Nerven, welche zu ihnen hingehen, dann aber sieht man auch b) spontane Verengerungen entstehen, was z. B. bei Beobachtung der Cirkulation am mesenterium des Frosches unter dem Mikroskope nicht selten (Budge) [3]) vorkommt. Von besonderm Interesse in dieser Beziehung ist die abwechselnde Erweiterung und Verengerung der Ohrarterien von Kaninchen (Schiff) [4]).

Zeigt sich spontan und bei Anwendung von Reizen.

Reizungen der Arterien selbst hat man an Arterien amputirter Glieder von Menschen (Kölliker), [5]) an der aorta (Wedemeyer) [6]) und der a. mesenterica von Fröschen (Gebr. Weber) [7]), bei Anwendung von Kälte auf das mesenterium von Fröschen (Schwann), [8]) durch mechanische Reizungen (Verschuir, [9]) Thomson, [10]) Hastings, [11]) Wharton Jones, [12]) Marey, [13]) sowie durch chemische Mittel, besonders Ammoniak (Thomson), Salmiak, schwefelsaures Atropin (Jones), Ergotin (Bonjean), [14]) verdünnte Schwefelsäure (Budge), [15]) Äther (Koch) [16]), Kochsalz (Burdach) [17]) u. s. w. hervorgebracht.

---

1) Thomson, Ueber Entz. übers. von Krukenberg. Halle 1820, I. — Vgl. auch W. Jones in Guy's hosp. rep. 1851, VII, 7.

2) Kölliker, Gewebel. 3. Aufl., p. 569.

3) Budge, Allgemeine Pathologie, p. 168.

4) Schiff, Archiv für phys. Heilk. 1854, XIII, 523. Vgl. auch Callenfels, Nederl. Lanc. III, 689, 3. Sér.

5) Kölliker, Zeitschr. für wiss. Zool. 1849, I, 259.

6) Wedemeyer, Unters. über den Kreislauf des Blutes p. 180, 241.

7) Gebr. Weber in Müller's Archiv 1847, p. 204.

8) Schwann in Berl. encycl. Wörterb. der med. Wiss.: Gefässe, p. 229.

9) Verschuir, De art. et ven. vi irrit. Gron. 1766, p. 89.

10) Thomson, Ueber Entz., übers. von Krukenberg. Halle 1820.

11) Hastings, Ueber Entz. der Schleimh. der Lungen, übers. von v. d. Busch. Bremen 1822.

12) Wharton Jones in Guy's Hospit. reports VII, 7.

13) Marey in Ann. des sc. nat. 1858, IX, 68.

14) Bonjean in Compt. r. 1845, XXI, 53.

15) Budge, Allgem. Path. Bonn 1842, p. 172.

16) Koch in Fror. Not. 838.

17) Burdach, Obs. nonn. micr. Regim. 1826, p. 9.

Digitized by Google

Nimmt ab bei Muskelschwäche.

596. Wenn hingegen die Zusammenziehungsfähigkeit der Muskeln vermindert wird, so wird die Ausdehnung sich vergrössern. Die Verengerung der Arterien strebt dem durch das Blut auf die Wandung ausgeübten Druck entgegen, weil sie in umgekehrter Richtung wirkt. Dieselbe vergrössert sich, wenn neben der Elasticität auch noch die Muskelkraft in Thätigkeit kommt. Eine solche Abnahme der Zusammenziehungsfähigkeit entsteht durch verschiedene Ursachen, so 1) durch eine länger anhaltende, oder zu starke Reizung der Arterien, wie vielfache Beobachtungen lehren. Daher häufen sich die Blutkörperchen in den erweiterten Gefässen an, das Blut stockt. So kann man mit Leichtigkeit durch alle oben genannten chemischen Mittel diesen Erfolg erzeugen, und unter dem Mikroskop sehen; auch beobachteten die Gebr. Weber nach starker galvanischer Reizung der Mesenterialarterien des Frosches eine Erweiterung derselben. — Bei grössern Arterien wird die nothwendig verstärkte Ausdehnung durch stärkern Puls sich zu erkennen geben. Dies beobachtete Hastings, als er einem Pferde die a. carotis mit Ammoniak bestrich. — Allgemeine Körperschwäche, welche die Thätigkeit aller Muskeln herabsetzt, jede Ermüdung wird denselben Erfolg haben. Die Arterien pulsiren dann in der That stärker. Am Abende ist diese vermehrte Dimension experimentell festgestellt. Vierordt und Aberle[1]) fanden am Hebel des Sphygmometers den Ausschlag

des Morgens	des Abends
2,92	3,44
2,43	3,32
2,29	2,67
1,74	2,45.

Beim sog. asthenischen Krankheitscharakter (Wittmann)[2]), nach langen Krankheiten, bei leicht erregbaren Menschen findet sich dieselbe Erscheinung; nach Aderlässen (Parry)[3]), durch Anwendung von narkotischen Substanzen (Wharton Jones) entstehen Erweiterungen der Arterien. Es versteht sich von selbst, dass immer dabei die Herzkraft und die Blutmenge mit in Betracht gezogen werden muss, wenn man die Ursachen der Erweiterung untersucht. Wenn z. B. die Erschöpfung des Körpers einen solchen Grad erreicht

1) Aberle in Archiv für phys. Heilkunde 1856, p. 574.

2) Wittmann in Ersch und Gruber Encyklopädie: Epidemie (nach Rosenbaum).

3) Parry, Exper. Unters. über die Natur des Pulses, übers. von Embden. Hannover 1816.

Digitized by Google

hat, dass die Herzcontraction viel schwächer, oder wenn die Blutmenge beträchtlich geringer geworden ist, so wird trotz der Erschlaffung der Gefässmuskeln die Dimension der Arterie nicht grösser werden. Vermehrte Blutmenge kann daher die Ausdehnung verstärken, wenn auch die Muskelthätigkeit nicht abgenommen hat. So fand Aberle vor Tisch die Dimension der radialis 2,3, nach dem Essen 2,9.

597. Die Arterienverengerung nach Reizen entsteht und vergeht langsam, wie dies auch bei andern Organen, welche dieselbe Art von Muskeln haben, z. B. dem Darme der Fall ist.

Einfluss der Nerven auf die Gefässmuskeln.

598. Den Einfluss der Nerven auf die Gefässfasern hat zuerst experimentell Bernard [1]) nachgewiesen, indem er fand, dass nach Durchschneidung des n. sympathicus cervicalis die correspondirende Gesichtshälfte, besonders aber das Ohr wärmer wurde, die Gefässe ausgedehnt waren. — Er und Waller [2]) beobachteten, dass Reizung desselben n. sympathicus die Gefässe des Ohres verengern. — Ich [3]) fand, dass Wegnahme einer Rückenmarkshälfte, welche zwischen dem fünften Hals- und dem zweiten Brustwirbel liegt; dieselbe Erscheinung veranlasst, als ob der n. sympathicus durchschnitten worden wäre. Waller [4]) hingegen theilt diesen Erfolg einer Rückenmarkstelle zwischen zweitem und drittem Halswirbel zu. — Einwirkung verschiedener Nerven auf Verengerung und Erweiterung der Arterien in Folge von Reizung und Durchschneidung wurde seitdem vielfach beobachtet; so von Schiff [5]) auf die Zunge, von Brown-Séquard [6]) auf die hintern Extremitäten, von mir [7]) auf die Gefässe des Darmes, von Schiff auf die Ohrgefässe (vom Halstheile des n. sympathicus), von demselben und Brown-Séquard auf dieselben (durch den n. auricularis magnus), von Callenfels [8]) auf die Gefässe der pia mater, von Bernard [9]) auf die Gefässe der Submaxillardrüse. Über diese Gegenstände vgl. man ferner das, was in der Nervenphysiologie weiter angegeben wird.

---

1) Bernard, Compt. r. 1852, XXXIV, 472.

2) Waller ibid. 1853, XXXVI, 378.

3) Budge ibid., p. 377.

4) Waller in Compt. r. 1853, p. 378.

5) Schiff, Unters. zur Phys. d. Nervens. 1855, p. 2.

6) Brown-Séquard in Compt. r. 1854, XXXVIII, 96.

7) Budge in Acta leop. 1860, p. 255.

8) Callenfels in Nederl. Lanc. 1855, p. 753, und Zeitschr. für rat. Med. 1855.

9) Bernard in Journ. de phys. 1858, p. 241.

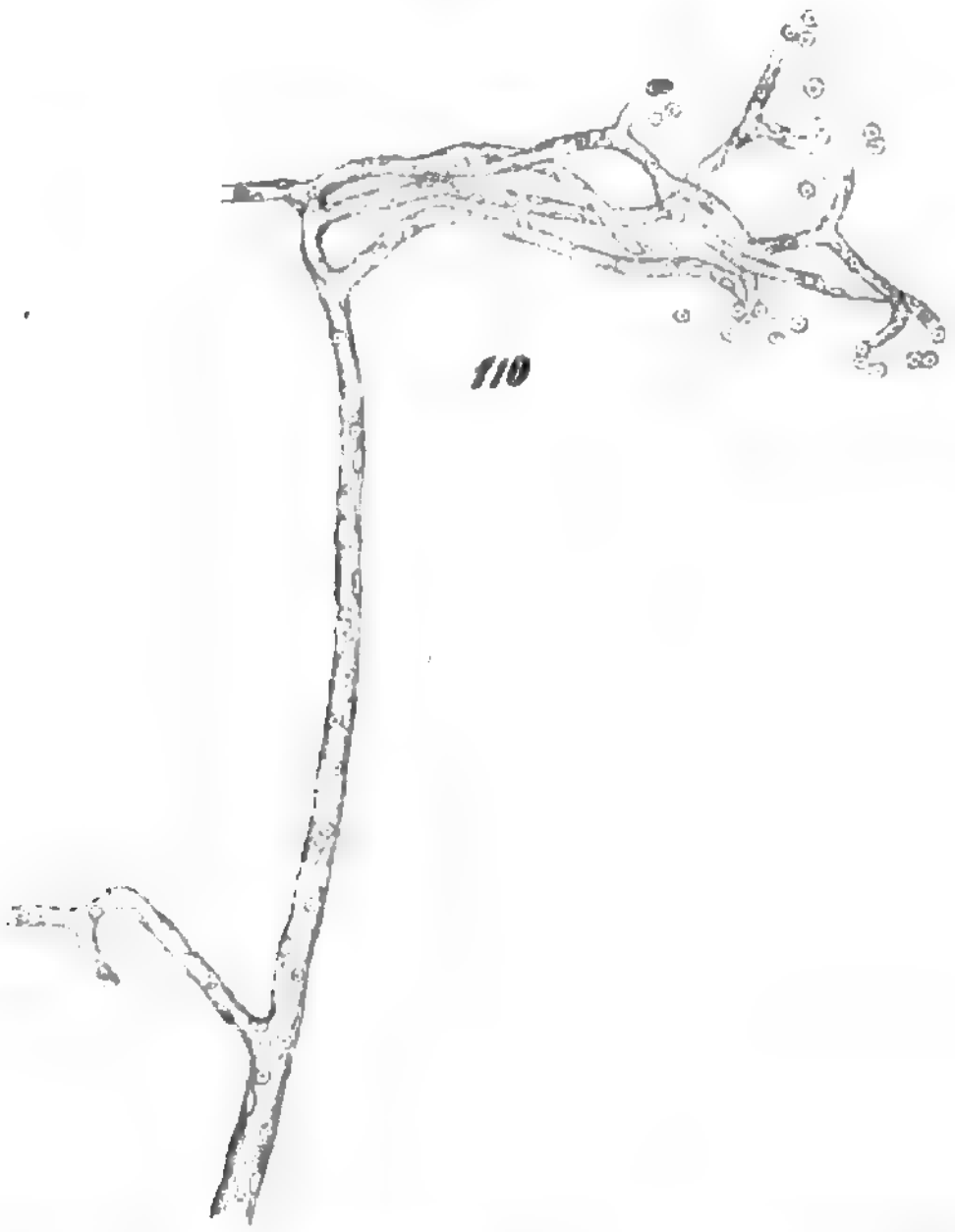
Digitized by Google

c) Erscheinungen in den Capillargefässen.

Capillargefässe.

599. Unter Capillargefässen (Fig. 66) versteht man die Übergänge zwischen Arterien und Venen, welche nicht mehr enger werden, sondern in demselben Durchmesser bleiben, obwohl sie Äste abgeben oder vielmehr Netze bilden. Sie bestehen aus einer einzigen, structurlosen, mit Kernen besetzten Membran. Sie haben im Mittel

Figur 66.



Capillargefäss aus der pia mater einer zwei Tage alten, frisch getödteten Katze. 110 Mal vergrössert.

einen Durchmesser von $^1/_{300}$‴. Sie sind am Weitesten im Knochenmarke (bis $^1/_{100}$‴), die feinsten sind in der Muskel- und Nervenmasse, z. B. retina ($^1/_{500}$‴ nach Henle).

Nicht alle Arterien gehen in Capillargefässe über, sondern man findet nicht ganz selten einzelne kleine Arterien sogleich zu Venen werden. Namentlich ist dies in der Milz oft der Fall; in der placenta uterina und den corpora cavernosa scheinen die Capillargefässe ganz zu fehlen.

Beobachtung des Blutumlaufs.

600. Den Blutlauf in den Capillargefässen kann man an durchsichtigen Theilen direct beobachten. Man bedient sich hierzu meistens

Digitized by Google

der Schwimmhaut an den hinteren Extremitäten des Frosches, welche mit vier Nadeln auf einem in der Mitte mit einem kleinen Ausschnitte versehenen Bretchen oder Wachstäfelchen ausgespannt wird.[1]) Der Frosch wird in feuchtes Leinen eingebunden (oder wenn er ätherisirt ist [Lebert],[2]) ohne alle Einwickelung), neben das Tischchen des Mikroskops auf eine Unterlage gelegt, so dass die Schwimmhaut, die man feucht halten muss, bequem auf demselben ruhen kann. Sehr schön beobachtet man auch im mesenterium der Frösche den Blutumlauf, wie ich schon vor langer Zeit (allgem. Path. 1843, p. 163) beschrieben habe. — Auch an der Froschzunge (Waller) ist der Anblick sehr lohnend. — Man kann in den kleineren Arterien und Venen schon bei 60maliger Vergrösserung die Blutkörnchen laufen sehen, die Netze der Capillargefässe werden erst bei 110 bis 200maliger Vergrösserung deutlich, und einzelne Verhältnisse bedürfen noch stärkerer Vergrösserungen. Die bemerkenswerthesten Erscheinungen sind folgende: a) Bei hinlänglicher Vergrösserung sieht man Capillargefässe, in deren Durchmesser nur ein einziges Blutkörperchen Platz hat. Ein solches nimmt jedoch nie das Capillargefäss ganz vollständig ein, sondern es bleibt am Rande eine sehr schmale helle Schicht, in welcher im normalen Zustande sich keine Blutkörperchen finden (Poiseuille). Diesen Poiseuille'schen Raum sieht man an allen Gefässen.[3])

b) Die Blutkörperchen folgen sich überaus rasch hinter einander. Diese Schnelligkeit ist aber natürlich nur eine scheinbare und wächst mit der angewandten Vergrösserung. Vielmehr durchläuft ein Blutkörperchen in den Capillaren der Schwimmhaut des Frosches in der Secunde nur einen Raum von $^1/_5$ bis $^1/_3$''' (Gebr. Weber, Valentin).

c) Die Blutkörperchen des Frosches, welche wie bei allen Amphibien, Fischen und Vögeln (auch einigen Säugethieren — Lama, Kameel) elliptisch sind, stellen sich häufig auf die schmale Seite, verändern selbst ihre Form, um manche Hindernisse, welche ihrem Laufe innerhalb der Gefässe entgegenstehen, zu vermeiden, und winden sich durch.

---

1) Man hat verschiedene künstliche Vorrichtungen zum Festhalten des Frosches, worüber unter Andern zu vgl., Quecket, Treat. on the use of the micr. Lond. 1848.

2) Lebert in Mém. de la Soc. de Biol. 1852. IV.

3) Poiseuille in Mém. de l'acad. des sc. Sav. etr. 1835, VII, und Journ. univ. et hebdom. de méd. XII. — Man vgl. Schultz, Syst. der Cirkul., p. 46. — R. Wagner, Beitr. z. vgl. Phys. — E. H. Weber in Müller's Archiv 1837, p. 267. — Ascherson ibid., p. 257. — Gluge, Ann. d. sc. nat. 1859, p. 267.

Digitized by Google

d) Innerhalb der Gefässe sieht man bei Fröschen keine Kerne in den Blutkörperchen.

e) In den Capillargefässen behalten die Blutkörperchen nicht immer dieselbe Richtung, es kann vielmehr z. B. geschehen, dass, wenn eine Zeit lang das Blut von Rechts nach Links geflossen ist, es dann einen gerade umgekehrten Weg nimmt.

f) Einzelne Capillargefässe gibt es, in welchen keine Blutkörperchen fliessen. Diese Capillargefässe, welche man freilich vasa serosa nennen könnte, unterscheiden sich in Nichts von den andern Capillargefässen, und es ist nicht selten, dass in solche enge Gefässe, nachdem man sie lange leer gesehen hat, einzelne Blutkörperchen dennoch eindringen; weshalb also jener Name nicht richtig ist. [1])

g) Niemals gehen Blutkörperchen aus den Capillargefässen heraus, um sich, wie man früher (Döllinger) glaubte, mit der organischen Substanz zu verbinden; sondern stets gehen jene aus Arterien in Venen über. Zuweilen bleibt ein Blutkörperchen mitten im Gefässe eine Zeit lang stecken, weil es daselbst durch eine ungünstige Lage aufgehalten wird, und diese Erscheinung hat vielleicht zu jener Ansicht Veranlassung gegeben.

h) Niemals endigen Gefässe mit offenen Mündungen, sondern überall bestehen Netze, welche oft dichter sind, als die dazwischen liegende Substanz.

i) An der Wandung der Capillargefässe, in dem sogenannten Poiseuille'schen Raume (p. 291) kleben häufig Lymphkörperchen, welche durch ihre runde Form, grössere Kleinheit und Farblosigkeit von den ovalen, grösseren, gelben Blutkörperchen sich leicht unterscheiden lassen. Sie bleiben an der Wand gewöhnlich lange hängen, nehmen nicht an der Raschheit Theil, mit der die Blutkörperchen fortgedrängt werden, sie werden vielmehr in der Secunde nur $^1/_{48}$''' fortgewälzt (Gebr. Weber). Auch am Boden der Gefässe liegen diese trägen Körperchen und häufen sich besonders an, wenn eine Stockung des Blutes eintritt. [2])

k) Zuweilen bleiben die Blutkörperchen in den Capillargefässen eine Zeit lang stehen, es entsteht momentane Stockung, stagnatio s. stasis. Eine solche Stockung wird durch Reize, z. B. verdünnte Schwefelsäure, Ammoniak, immer veranlasst und erfolgt spontan bei Schwäche des Thieres, sowie auch durch Mangel an Befeuchtung. In diesem Falle ist sie krankhaft und nicht mit den (wie es scheint) nor-

---

1) Wirkliche vasa serosa, welche zu enge sind, um Blutkörperchen fassen zu können, nehmen Hyrtl und Kölliker in der cornea an.

2) Man vgl. hierüber Gunning, Archiv für holl. Beitr. I, 313.

Digitized by Google

malen, bald vorübergehenden Stockungen zu verwechseln. Bei der Stockung lassen sich nach Dubois verschiedene Stadien unterscheiden. Nachdem das Blut erst anhaltend geflossen ist, bemerkt man stärkere und schwächere Stösse, dann bleiben die letzteren ganz aus, hierauf folgt eine fast zitternde, endlich eine wiegende Bewegung (mouvement de va et vient) hin- und rückwärts, dann Stillstand. [1])

l) Unter den etwas grösseren Gefässen unterscheidet man die Arterien gewöhnlich als die schmäleren, heller gefärbten, meist eine geringere Menge von Blutkörperchen führenden von den Venen; auch fliesst in der Regel das Blut in jenen deutlich rascher.

m) In manchen Organen läuft das Blut offenbar langsamer als in andern, so z. B. in der Leber des Frosches langsamer als in den Lungen, wovon man sich durch directe Beobachtungen bei jungen Thieren überzeugen kann.

n) Nach Durchschneidung der Schenkelnerven hört die Cirkulation in der Schwimmhaut des Frosches nicht auf, sondern es hat sogar den Anschein, als ob die Blutkörperchen viel rascher durch die Gefässe liefen.

d) Blutcirkulation in den Venen.

Blutumlauf in den Venen.

601. Die Blutcirkulation in den Venen ist wesentlich abhängig von deren ununterbrochener Communication mit den Arterien. Isolirt man bei einem Thiere die a. und v. cruralis, unterbindet dann vollständig das ganze Glied mit Ausnahme dieser Gefässe, macht eine kleine Öffnung in die Vene, so fliesst daraus das Blut so lange, bis man die Arterie comprimirt. Dann dauert es noch ein paar Augen-

1) Nach meinen früheren Untersuchungen (allgem. Path., p. 201) entsteht die Stockung durch fortschreitende Contraction der grösseren Arterienstämmchen (ungefähr in einer Breite von $^1/_{20}$ bis $^1/_{12}$‴), und zeigt sich mehr in den kleinsten Arterien, als in den eigentlichen Capillargefässen, am Meisten in den Venen. — Acht Jahre später lehrte Brücke, dass die Stasis auf einer Contraction der kleinen Arterien beruht (Archiv für phys. Heilk. 1850, IX, 493). — Über stasis vgl. man ferner: Hastings, Über Entz. der Schleimhaut der Lungen, übers. von G. v. d. Busch. Bremen 1822, p. 8. — Kaltenbrunner, Exper. circa statum sang. et vas. in infl. Mon. 1826. — Thomson, l. c. — Koch in Meckel's Archiv 1832. — Budge, Allgem. Path. — Dubois in l'Expérience 1848, No. 177 und 186. — Henle, Ration. Path. II, 454. und Zeitschr. für rat. Med. II, 37. — Bruch, ebend. V, 69. — Hasse und Kölliker, ebend. IV, 1. 1846. — Lebert, Phys. Path. Paris 1845. — Vogel in Wagner's Handwörterb. I, 311, und path. Anat. Leipzig 1847. — Virchow in s. Archiv 1851. III, 427, und spec. Path. und Ther. I, 46 u. 271. — E. H. Weber in Müller's Archiv 1852, p. 361. — W. Jones in Guy's h. rep. 1852. VIII. — Gunning, l. c. — Paget in Lond. med. Gaz. 1850, X, 966.

Digitized by Google

blicke, so hört das Fliessen auf, trotzdem dass in der Vene noch Blut genug ist; es fängt dann sogleich wieder an, sobald der Finger von der Arterie entfernt wird (Magendie). [1])

Anatomisches Verhalten der Venen.

602. Die anatomische Beschaffenheit der Venen ist sehr wichtig für die Cirkulation. Der grösste Unterschied zwischen Venen und Arterien liegt in dem Bau der mittleren Haut, welche bedeutend weniger entwickelt ist, als die der Arterien, indem die elastischen und Muskelfasern in beträchtlich geringerer Menge vorhanden sind. Ganz feine Venen haben gar keine Muskelhaut, sondern diese tritt erst bei Venen über 0,02″ auf und bildet bei solchen von 0.06‴ bis 0,08‴ eine continuirliche Lage (Kölliker). [2]) Die äussere Venenhaut (die m. adventitia) ist besonders ausgebildet, viel stärker als die media, sie enthält in den grössten Venen reichlich Muskeln, Binde- und elastisches Gewebe. Das Bindegewebe hat vorwaltend einen queren Verlauf, während die Muskeln hauptsächlich der Längsrichtung folgen. Dadurch erklärt sich die schwere Zerreissbarkeit der Venen. Denn es ist klar, dass jede einzelne Faser des Bindegewebes viel schwieriger in ihrer Continuität getrennt werden kann, als eine von der andern. Wenn das Bindegewebe der adventitia die Längsrichtung vorwaltend befolgte, so würde durch den Druck des Blutes eine Faser natürlich leichter von der benachbarten sich trennen können, als bei einem queren Verlaufe dies möglich ist. — Durch die dünnere Wandung, sowie die geringere Menge von elastischen Fasern erklärt sich die grosse Ausdehnbarkeit der Venen.

Widerstand der Venenwandung.

603. Über die Zerreissbarkeit der Venen sind verschiedene Versuche angestellt worden. Während z. B. die vena cava eines Widders durch einen Druck von 176 Pfd. nicht zerriss, geschah dies an der aorta bei einem Drucke von 158 Pfd. [3])

Contractilität der Venen.

604. Die Zusammenziehungsfähigkeit der Venen wurde früher von Verschuir, [4]) Nysten, [5]) neuerdings von Kölliker [6]) an den Beinvenen eines Enthaupteten durch Anwendung von Reizen constatirt. — Durch Reiben der Hautvenen der Hand bewirkt man nach Gubler [7]) bei jungen Leuten eine Contraction der Venen, der nachher ein bedeutendes Anschwellen folgt.

---

1) Magendie in dessen Journal de phys. 1821, I, 111.

2) Kölliker, Gewebelehre. 3. Aufl., p. 575.

3) cf. Hales, Hémostatique, p. 136. — Wintringham, Exper. inquiry on some parts of an. struct., p. 100.

4) Verschuir, De art. et ven. vi irrit. Gron. 1766.

5) Nysten, Rech. de chim. et de phys. path., p. 393 fg.

6) Kolliker in Zeitschr. für wiss. Zool. 1849, p. 258.

7) Vgl. Allison in Amer. Journ. of med. Sc. 1838, XXIII, 318.

Digitized by Google

Venenpulsationen.

605. Verschiedene Beobachter sahen ein selbständiges Pulsiren der Venenenden am Herzen. Bei Amphibien ist dies zweifellos, bei Säugethieren hingegen nicht sicher constatirt. — Bei dem Aal kommt ein eigenthümliches Venenherz am Schwanze vor. An den Hautvenen der Flügel von Fledermäusen beobachtete Wharton Jones [1]) eine Pulsation (8—10 Mal in der Minute).

Einfluss der Muskeln auf die Blutbewegung in den Venen.

606. Die in der Nähe von Venen gelegenen Muskeln bleiben nicht ohne Einfluss auf die Blutbewegung in den Venen. Man kann dies leicht bei Menschen beobachten, bei welchen die vena frontalis sehr stark entwickelt ist. Werden der corrugator supercilii oder auch der m. frontalis zusammengezogen, so schwillt diese Ader mächtig an. Dasselbe lässt sich durch einen Druck mit dem Finger oberhalb der Nasenwurzel erreichen. Der zusammengezogene Muskel verengt in diesem Falle das lumen der Vene und bringt eine Stauung zu Stande.

Venenklappen.

607. Man nimmt aber auch umgekehrt an, dass die Muskelcontractionen die Blutbewegung in den Venen befördern, und zwar unter Mitwirkung der Klappen. Die Venenklappen, welche in ihrer Bildung Ähnlichkeit mit den Semilunarklappen haben, sind gewöhnlich zwei einander gegenüber liegende Säckchen, aus der innern Gefässhaut gebildet. Ihre Mündung ist stets gegen das Herz hin, ihr Bauch gegen die Peripherie gerichtet. Indem das Blut von der Peripherie gegen das Centrum fliesst, öffnet es dieselben, die sich dann wieder schliessen, indem sich das Blut in die Taschen einsackt und sie gegen einander drückt. Man findet sie mehr in den Venen der untern, als der obern Körperhälfte, besonders sind sie da vorhanden, wo eine Vene spitzwinkelig in eine andere übergeht, so fehlen sie z. B. nie beim Übergange der vena saphena magna in die cruralis. Die grössten Venen sind ohne Klappen, ebenso die des Pfortadersystems, der Lungen, des Gehirns, aber auch die kleinsten Venen bis zu $^3/_8$''' Durchmesser.

Wenn eine Muskelcontraction stattfindet, so soll das Blut ausweichen und da es nicht nach der Peripherie wegen der Klappen zurück dringen könnte, so müsste es gegen das Herz getrieben werden. Somit würde die Muskelbewegung den Venenblutlauf unterstützen. — Ich halte diese Behauptung für nicht hinlänglich begründet.

In den untern Extremitäten, in welchen das Blut gegen seine Schwere nach Oben steigen muss, verhindern ohne Zweifel die Klappen das Herabfallen des Blutes. Ausserdem würde an vielen Stellen,

---

1) Wharton Jones in Philos. Transact. 1852, p. 131.

Digitized by Google

an welchen kleinere Venen in grössere unter einem spitzen Winkel einmünden, leicht eine rückgängige, störende Bewegung ohne Klappen eintreten können.

Geräumigkeit des Venenreservoirs.

608. Im ganzen Venensystem hat eine viel grössere Menge Blut Raum, als im Arteriensystem. Nicht nur begleiten sehr gewöhnlich zwei Venen eine Arterie, sondern es gibt auch viele oberflächliche Venen, welche gar keine entsprechende Arterie haben. Vor Allem aber kommt die grosse Ausdehnbarkeit der Venen in Betracht. Durch diese Anordnungen kann das aus den Capillargefässen kommende Blut nach vielen Seiten hin ausweichen und selbst aus einer Vene in die andere wird die Vertheilung sehr erleichtert. Bei dem viel langsamern Blutlaufe in den Venen ist dieses Verhalten von einem sehr wesentlichen Vortheile.

B. Ursachen der Fortbewegung des Blutes in den Gefässen. 609—687.

Allgemeines.

609. Wie bei jeder Bewegung, so kommen auch bei der des Blutes in Betracht 1) die zu bewegende Masse, 2) die Kräfte, in Folge welcher die Bewegung eintritt.

1) Die zu bewegende Masse. 610—640.

Verschiebbarkeit und Incompressibilität des Blutes als allgemeine Eigenschaften der Flüssigkeiten. 610—611.

610. Zwei Eigenschaften zeichnen die tropfbaren Flüssigkeiten besonders aus, nämlich die Verschiebbarkeit und die Incompressibilität. a) Man kann sich hypothetisch eine Flüssigkeit aus einer grossen Anzahl neben einander liegender Körnchen denken, welche ein Bestreben haben, sich gegenseitig zu verschieben. Dies Bestreben nennt man Spannung. Sie ist nicht dieselbe, wie die der festen, elastischen Körper, deren Spannung darin besteht, dass sie immer wieder in ihre frühere Lage zurückzukehren suchen, s. p. 72; auch nicht die der gas- und dampfförmigen Körper, deren kleinste Theilchen sich von einander zu entfernen, daher mehr und mehr sich auszudehnen und ein grösseres Volumen einzunehmen streben. — Die den tropfbaren Flüssigkeiten zukommende Eigenschaft, sich zu verschieben, zeigt sich durch die Einwirkung eines jeden, auch des kleinsten Bewegungsantriebes, also auch der Schwere, der Elasticität, der Muskelcontraction u. s. w. Alle Ursachen, welche der Verschiebbarkeit der Flüssigkeitstheilchen Hindernisse in den Weg legen, verzögern die Bewegung, wogegen alle Ursachen, welche die Möglichkeit eines Ausflusses gestatten, dieselbe befördern.

611. b) Eine zweite wichtige Eigenthümlichkeit der Flüssigkeitstheilchen besteht darin, dass dieselben zwar zusammengedrückt werden können, jedoch so wenig, dass man sie ohne Weiteres als incom-

Digitized by Google

pressibel betrachten kann. Das Volumen einer bestimmten Menge einer tropfbaren Flüssigkeit ist nahezu unveränderlich. Während wir die Menge von atmosphärischer Luft, welche eine Literflasche erfüllt, auch in einen Raum einzupressen vermögen, der nur halb so gross ist, wird eine ähnliche Raumbeschränkung trotz der stärksten Kraftwirkung unmöglich, sobald wir es mit einer tropfbaren Flüssigkeit zu thun haben.

Druck und Geschwindigkeit als Wirkungen von Bewegungsantrieben auf die verschiebbaren und incompressiblen Blutheilchen.

612. Wenn nun ein Bewegungsantrieb auf eine Flüssigkeit wirkt, so können zwei Folgen eintreten, je nachdem dieselbe entweder in einen andern Raum ausweichen kann oder nicht. Mit andern Worten: auf die Körper, welche in dem an die Flüssigkeit gränzenden Raume enthalten sind, können Kräfte wirken, die der bewegenden Kraft entgegengesetzt und zwar entweder kleiner oder gleichgross oder grösser sind, als diese. — In allen Fällen leidet die bewegende Kraft Abbruch. Jedenfalls kann ein Theil derselben nicht zur Erscheinung kommen, er muss dazu verwendet werden, die entgegenwirkende Kraft abzuwehren. — Jedoch wird im erstern Falle dem Bestreben der Flüssigkeitstheilchen, sich zu verschieben, am Meisten Folge gegeben. Es entsteht Bewegung, Strömung. Im zweiten Falle erfolgt scheinbare Ruhe, die Bewegung ist gewissermassen latent geworden, oder wie man zu sagen pflegt, sie hat nur das Bestreben (die Spannung), sich zu verschieben, die Flüssigkeit wird, anstatt bewegt zu werden, gedrückt. Im dritten Falle tritt Bewegung im entgegengesetzten Sinne ein, weil die bewegende Kraft von der stärkern Gegenkraft überwunden wird. Überall, wo eine Veranlassung zur Bewegung vorhanden ist, aber ein Widerstand die Ausführung theilweise oder vollständig hindert, erleidet der unter dem Bewegungsantriebe stehende Körper einen Druck.

613. Wo also Druck vorhanden ist, da besteht jedesmal ein Widerstand, welcher einer bewegenden Kraft sich entgegenstellt. Ist der Widerstand wieder aufgehoben, so tritt Bewegung ein. Ist die bewegende Kraft stärker, als der Widerstand, so wird ein Theil derselben von dem Widerstande an seiner Wirkung verhindert, der übrigbleibende hingegen bringt Bewegung hervor. Es ist vollständig falsch, wenn gesagt worden ist, dass Bewegung Druck erzeuge; weil nur die in ihrer Ausübung gehinderte bewegende Kraft dies vermag. Die bewegende Kraft wird hier gewissermassen zur drückenden. — In dem natürlichen Zustande gibt es aber gar keine Bewegung, welche nicht mit Widerständen, also auch mit Druck verbunden wäre; jede bewegende Kraft übt daher immerhin einen Druck aus.

Die Widerstände sind, wie sich aus dem Gesagten von selbst ergibt, sehr wesentlich bei Beurtheilung der Wirkungen von bewegenden Kräften. Solcher Wirkungen gibt es also zwei, nämlich Bewegung

Digitized by Google

und Druck. Obgleich der Druck stets und nur durch Widerstände hervorgebracht wird, so darf man doch dies nicht so verstehen, als ob an der Stelle, an welcher der grösste Widerstand erzeugt wird, auch der stärkste Druck stattfände. In den kleinsten Arterien wird der bedeutendste Widerstand für die Blutströmung gebildet. Wenn man aber hier den Druck misst, so findet man ihn viel geringer, als in den grossen Arterien. Die Ursache ist die, dass der Druck nicht die unmittelbare, sondern die mittelbare Folge der Widerstände ist. Diese bewirken vielmehr, dass die bewegende Kraft nicht ihren Gesammteffect in der Form von Bewegung äussern kann, sondern dass ein Theil dieses Effects als Druck auftritt. Wenn aber die bewegende Kraft selbst kleiner wird, so nehmen beide Glieder ihres Gesammteffectes, sowohl die Bewegung als der Druck ab. Wenn wir die bewegende Kraft mit K, Bewegung mit B und Druck mit D bezeichnen, so ist K proportional B + D. Wird K um die Hälfte kleiner, so geschieht dasselbe mit B + D. Wenn B grösser wird, muss D um so viel abnehmen. Man kann also sagen, $\frac{K}{B + D} = C$, d. h. einer Constanten. In den kleinsten Arterien ist aber ein grosser Theil der bewegenden Kraft durch die Widerstände verbraucht. Denn vom Herzen an wird Stelle vor Stelle die Kraft als bewegende immer geringer, wenn also K beispielsweise um die Hälfte vermindert, also $\frac{1}{2}$ K würde, so müsste auch B + D in $\frac{1}{2}$ (B + D) umgewandelt werden, damit die Constante bliebe. Wenn wir es in Zahlen ausdrücken, und wir setzen K = 100, so müssen B + D auch 100 bleiben; wir setzen K = 50, so muss dasselbe bei B + D sein. Hingegen kann eine Veränderung zwischen Bewegung und Druck vorkommen. Man kann sich denken, dass Umstände eintreten, welche den Druck vermehren, so dass z. B. B = 10 und D = 40 wäre, dann würde immer wieder 50 herauskommen und die Formel $\frac{K}{B + D} = C$ wäre immer dieselbe geblieben, hingegen das Verhältniss von B und D wäre ein anderes geworden. — Aber es kommt bei der Blutbewegung sehr viel darauf an, ob die bewegende Kraft (des Herzens) mehr oder weniger Bewegung zur Folge hat oder nur Druck erzeugt, wodurch Nichts geleistet wird. Denn von dem Grade der Schnelligkeit der Blutbewegung hängt ja die regelrechte Ernährung ab. Es ist daher nicht eine blos theoretische Frage nach dem Verhältnisse zwischen Druck und Bewegung an den verschiedenen Theilen des Gefässsystems.

Da das Mass der Bewegung die Geschwindigkeit ist, so setzen wir besser anstatt Bewegung das Wort Geschwindigkeit.

Allgemeine 614. In den hier zu erörternden Verhältnissen können vier Fälle

Digitized by Google

eintreten. 1) Geschwindigkeit und Druck können beide vermehrt, sowie 2) vermindert sein; 3) der Druck kann zugenommen und demgemäss muss die Geschwindigkeit abgenommen haben; 4) der Druck kann abgenommen und die Geschwindigkeit zugenommen haben. Verhältnisse zwischen Druck und Geschwindigkeit.

615. Alle diese Fälle kommen bei der Blutströmung wirklich vor und können durch abnorme Einflüsse wesentliche Störungen veranlassen. — Die ersten beiden sind nothwendige Folgen der Zu- oder Abnahme der das Blut bewegenden Kräfte; die beiden andern hängen wesentlich mit Veränderungen der Gefässdurchmesser zusammen. — Überall wirken aber die Widerstände als die wichtigsten Einflüsse mit. Sie müssen daher zunächst untersucht werden.

616. Die Widerstände, welche, wie jede in Röhren strömende Flüssigkeit, das Blut in den Gefässen erfährt, haben ihren Sitz sowohl in der Wandung als auch im Querschnitte selbst, oder mit andern Worten, sie können zwischen den Bluttheilchen unter einander oder zwischen den Bluttheilchen und den Molekülen anderer Körper stattfinden. Widerstände der Bewegung. 616—619.

617. Die Röhrenwandung übt immer eine nicht unbeträchtliche Reibung auf den Inhalt aus, natürlich im Verhältnisse zu deren Glätte. So flossen z. B. durch eine Glasröhre von 87 Cm. Länge und 8 Cm. Breite in 20 Secunden 1600 C. C. Wasser aus, hingegen durch eine Gummiröhre von 87 Cm. Länge und 10 Cm. Weite in derselben Zeit unter gleichem Drucke nur 1200. — Die membrana intima der blutführenden Gefässe gleicht in vieler Beziehung den serösen Häuten, sie ist glatt, schlüpfrig, mit Epithelien belegt, welche auf einer elastischen Längsschicht sitzen. Das Epithel der Arterien ist spindelförmig, ausserordentlich hell und zeigt zuweilen eine membranartige Ausbreitung, s. Fig. 67, das der Venen ist mehr plattenförmig, Fig. 68. Dennoch findet auch durch die Gefässwandung eine a) Reibung.

Figur 67.

Spindelförmiges Epithel der tunica intima einer Arterie von 1½ Mm. Durchmesser vom Schafe. 200 Mal vergrössert.

Figur 68.

Epithelien der intima der vena jugularis vom Schafe. 200 Mal vergrössert.

bedeutende Verlangsamung des Blutlaufes statt, wie die Strömung an der Wandung bei mikroskopischer Beobachtung deutlich zeigt.

Digitized by Google

Durch krankhaft entstehende Unebenheiten muss [1]) nothwendig die Verlangsamung vermehrt werden. — Dieser Reibungswiderstand steht im Verhältniss zur Grösse der Wandung; — er wächst mit der Geschwindigkeit der Strömung, weil dadurch in gleicher Zeit nicht nur eine grössere Menge von Wassertheilchen anstösst; sondern auch mit einer grössern Kraft dieser Stoss ausgeführt wird. Man sagt daher, dass der auf diese Weise entstandene Widerstand proportional dem Quadrate der Geschwindigkeiten sei. Es ergibt sich daraus, dass bei gleicher Länge zweier Röhren von verschiedener Weite in der engern eine Flüssigkeit mit grösserer Geschwindigkeit fliessen muss, als in der weitern, s. No. 634. Ebenso verhält es sich hinsichtlich der kürzern Röhre von zwei gleich weiten.

β) Adhasion. 618. Einen zweiten Widerstand bildet die molekulare Anziehung der kleinsten Theilchen der Wandung und der Flüssigkeitstheilchen — die sogenannte Adhäsion —, welche gleichfalls um so stärker ist, mit je grösserer Geschwindigkeit das Blut fliesst, ausserdem aber von der Beschaffenheit der Blutbestandtheile abhängt. Es ist schon p. 292 i bemerkt worden, dass die weissen Blutkörperchen, welche schwerer fortzubewegen sind, als die rothen, gerade an der Wand am Längsten haften. Eine grössere Zähigkeit des Blutes, Abnahme des Wassers in demselben müssen in gleicher Weise wirken.

γ) Cohasion. 619. Aber auch die Flüssigkeitstheilchen unter einander zeigen ähnliche Molekularwirkungen, welche man mit dem Namen Cohäsion belegt. Es ist daher immer mit einer Einbusse von Kraft [2]) verbunden, wenn Flüssigkeiten aus einander gerissen werden; wie dies z. B. bei jeder Theilung von Gefässen der Fall ist. — Wenn wir uns den flüssigen Inhalt, welcher eine Röhre ausfüllt, aus einem Systeme in einander steckender, aus Flüssigkeitstheilchen bestehender Cylinder denken, so zeigt derjenige, welcher der Wandung am Nächsten sich befindet, die geringste Bewegung, weil hier Reibung und Adhäsion die bedeutendsten Widerstände veranlassen. Der folgende Cylinder ist schwieriger vom äussersten loszureissen, als der dritte vom zweiten, und so nimmt die Geschwindigkeit immer mehr nach Innen zu bis endlich der in der Axe liegende die grösste Beweglichkeit zeigt und umgekehrt wird es sich hinsichtlich des Druckes verhalten. — Jeder Querschnitt eines jeden Cylinders zeigt aber wiederum einen von andern Querschnitten verschiedenen Widerstand. Denn mit der Länge der Röhre und der Erweiterung des Querschnitts vergrössert sich, wie gesagt, der Widerstand.

---

1) Rokitansky, Path. Anat. 3. Aufl., p. 305.

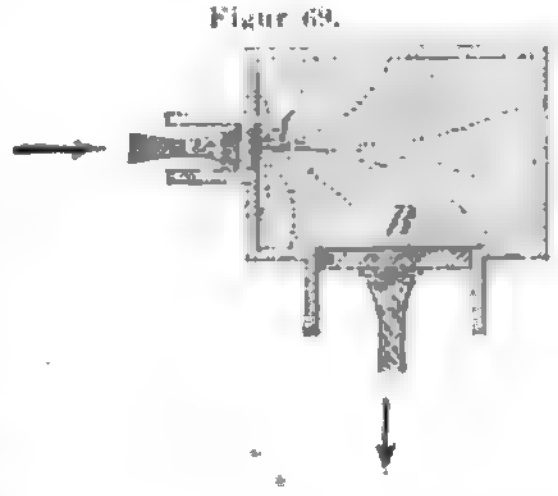
2) Was man unter Einbusse von Kraft zu verstehen habe, geht aus den allgemeinen Bemerkungen zu dem folgenden Abschnitt: Ernährung, hervor.

Digitized by Google

620. Wie nun diese hauptsächlichen Widerstände der Bewegung in einzelnen Fällen den Blutdruck vermehren, wird erst klar, wenn wir zuvor eine Einsicht über die Fortpflanzung des Druckes erlangt haben. Fortpflanzung des Druckes in Flüssigkeiten.

621. In Fig. 69 ist der Durchschnitt eines mit Wasser gefüllten Gefässes dargestellt, welches an zwei Stellen Öffnungen hat, von denen die eine *B* drei Mal so gross sein soll, als die andere *A*. Beide sind durch Kolben genau geschlossen. Pressen wir *A* nach Innen, so erfahren nicht nur die zunächst an *A* liegenden Wassertheilchen im Gefässe einen Druck, sondern dieser pflanzt sich auf sämmtliche Wassertheilchen, sowie auf die ganze Wand gleichmässig fort. Wenn nun an der drei Mal so grossen Stelle, an welcher der Kolben *B* eingesetzt ist, eine drei Mal so grosse Menge von Wassertheilchen sich befindet, so ist auch der Gesammtdruck auf diesen Kolben *B* drei Mal so gross, als auf *A*. Gleichmässige Verbreitung des Druckes von Flüssigkeit nach allen Seiten.

Figur 69.



Apparat, um den Wasserdruck auf eine Gefässwandung zu erläutern.

Wenn wir nun die Kraft, mit welcher *A* nach Innen getrieben wird, unwirksam machen wollen, so müssen wir eine drei Mal so grosse Kraft auf *B* anwenden; also etwa vor *A* und *B* Gewichte vorlegen, im Verhältnisse = 1 : 3.

Jedes Wassertheilchen, welches einer bewegenden Kraft ausgesetzt ist, aber wegen Mangels einer Ausflussöffnung sich nicht bewegen kann, übt auf alle übrigen Wassertheilchen in demselben Gefässe denselben Druck aus, den es selbst erfahren hat.

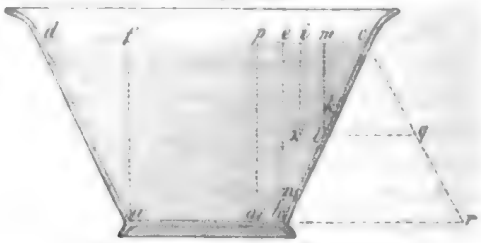
Der Druck, den irgend ein Theil eines Gefässes durch das darin enthaltene Wasser erleidet, richtet sich nach der Grösse dieses Theiles, d. h. nach der Grösse der Wasserfläche, welche diesen Theil berührt. Der Boden eines oben weiten, unten engen Gefässes erfährt nicht den Druck der gesammten im Gefässe enthaltenen Wassermenge, sondern nur einer Wassersäule, deren Basis dem Boden des Gefässes und deren Höhe der Tiefe des Bodens unter dem Wasserspiegel gleich ist.

622. Betrachten wir das in Fig. 70 dargestellte Wassergefäss, welches oben weit ist. Die bewegende Kraft ist die Schwere, welche von der Höhe der Wassersäule abhängt. Dem Boden *a b* wird der Druck aller über ihm stehenden Wassertheilchen mitgetheilt. Diese aber sind nicht in grösserer Zahl, als wenn das Gefäss oben nur Bodendruck.

Digitized by Google

eine Weite von $f e$ hätte. In Fig. 71 wird dem weitern Boden der Druck von einer grössern Fläche von Wassertheilchen mitgetheilt.

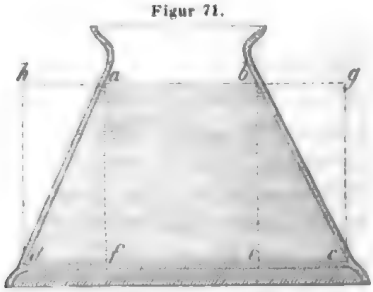
Figur 70.



Apparat zur Erläuterung des Seitendruckes.

Auf diejenigen, welche in dem Raume $a b$ liegen, wirkt als bewegende Kraft die Schwere proportional der Höhe der Wassersäule $a f$ und $b e$. Der auf sie ausgeübte Druck pflanzt sich auf alle Wassertheilchen in $a d f$ und $b e c$ gleichmässig fort und der Boden $c d$ erleidet einen Druck, genau so, als wenn das Gefäss die Ausdehnung von $h g d c$ hätte.

Figur 71.



Apparat zur Erläuterung des Seitendruckes.

Seitendruck. 623. Es ergibt sich nun auch der Seitendruck (z. B. in Fig. 70 auf $b c$) ganz von selbst. Der auf eine Stelle der Seitenwand (z. B. $k l$) ausgeübte Druck ist so gross, wie er sein würde, wenn wir jedem Punkt des Stückes $k l$ eine horizontale Lage $l \lambda$ geben würden. d. h. ein Bodendruck in einem Gefässe $= i \lambda l m$. Der Druck ist nämlich dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule gleich, deren Basis dem Wandstücke an Grösse und deren Höhe der Entfernung des Schwerpunkts des Wandstücks vom Wasserspiegel gleichkommt.

Der Seitendruck in $n b$ (wenn wir uns der Kürze halben $n b$ als Punkt vorstellen) ist gleich dem Bodendrucke $b o$ eines Gefässes von der Ausdehnung $p o b e$.

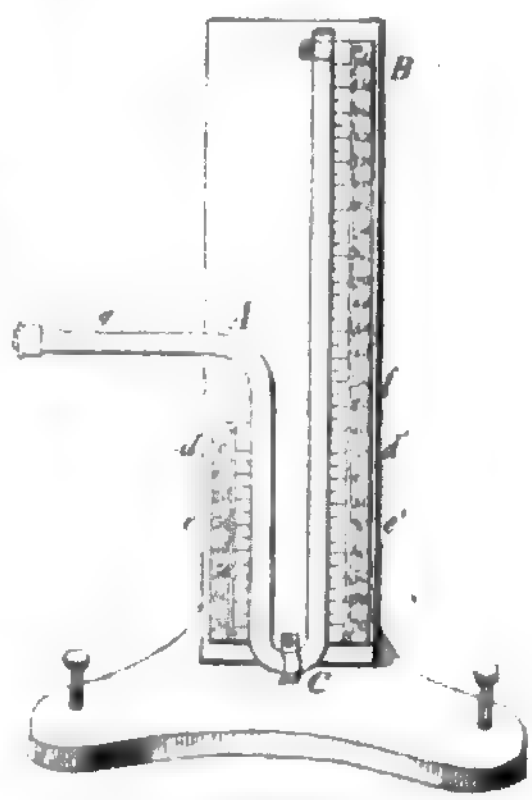
Um das Verhältniss des Seitendruckes zwischen $k l$ und dem gleichgrossen Stücke $n b$ klar zu machen, ziehe man $l q = l m$ und $b r = b e$.

Digitized by Google

624. Ein wichtiges Mittel zur Einsicht in die Bewegungsverhältnisse von Flüssigkeiten, welche in Röhren fliessen, besteht darin, dass man einen Theil der Seitenwand öffnet und eine Glasröhre einsetzt. Man nennt eine solche Glasröhre Seitendruckmesser oder kurz: Druckmesser. Wenn ein solcher mehrmals gebogen und bis zu gleicher Höhe mit Wasser oder gewöhnlich Quecksilber gefüllt ist, wird er Manometer genannt. Man wendet das Quecksilbermanometer an, wo ein bedeutender Druck vorhanden ist und bei Anwendung von Wasser eine sehr lange Röhre nothwendig wäre. Das Quecksilber ist nämlich 13,598 Mal schwerer als Wasser. Lässt man in ein Manometer, welches in die Seitenwand einer Röhre eingesetzt ist, die Flüssigkeit dringen, so sinkt das Quecksilber, welches bei $d\,d'$ im Gleichgewicht steht, in dem Schenkel A etwa bis e, von 0 bis 30 und steigt in B bis f. Der Druck, welchen die Flüssigkeit auf das Quecksilber ausübt, ist gleich der Höhe über dem jetzigen Niveau des Quecksilbers, d. h. über $e' = 60$.

Druckmesser.

Figur 72.



Manometer.

Da man das Manometer auch bei lebenden Thieren angewendet hat, so ist es von Wichtigkeit, sich klar zu machen, welches Maass wir auf diese Weise gewinnen. Wenn eine Flüssigkeit in eine solche Röhre einfliesst und zu einer grössern oder geringern Höhe steigt, so hängt dies von zwei Umständen ab: 1) von der Stärke der Kraft, welche das Fliessen befördert; 2) von der Leichtigkeit, mit welcher die Flüssigkeit eindringen kann.

625. Wenn man in dem Apparate, welcher in Fig. 73 dargestellt ist, das Wasser in R nicht durch Zugiessen auf gleicher Höhe hält, so nimmt die bewegende Kraft immer ab. An den verschiedenen Druckmessern *1*, *2* sinkt daher das Wasser immer im Verhältnisse der Kraftabnahme.

Wirkung der Abnahme der bewegenden Kraft auf den Druck.

626. An jeder Röhre, von welcher Weite und Länge sie immerhin sein mag, sehen wir daher von der Stelle, an welcher die bewegende Kraft einwirkt, bis zur Ausflussmündung stets die Höhe des Wasserstandes in den einzelnen Druckmessern geringer werden. Wenn es auch Fälle gibt, in welchen einem stärkern Abfallen eine Hebung folgt, so erreicht doch niemals der Wasserstand die Höhe, welche er im ersten Manometer hatte. Dies kommt daher, dass die bewegende Kraft durch die Widerstände in beständiger Abnahme

Digitized by Google

begriffen ist. — Daher erhebt sich auch constant das Quecksilber nicht so sehr in kleinen, als grossen Arterien, so z. B. fand sich der mittlere Stand bei Untersuchung der carotis 165 Mm. Hg., der a. metatarsea 146 Mm. Hg. (Volkmann).

Figur 73.

Geschwindigkeitshöhe.

627. Da die bewegende Kraft so viel auf Überwindung der Widerstände verwenden muss, so ist an der Ausflussmündung einer Röhre nur ein geringer Theil von Geschwindigkeit übrig geblieben. Man nennt Geschwindigkeitshöhe diejenige, aus welcher eine Flüssigkeit (oder überhaupt ein Körper) im luftleeren Raume fallen müsste, wenn er eine gegebene Geschwindigkeit erlangte.

Wirkung der Ausflussmündungen auf den Druck.

628. Der zweite wichtige Einfluss auf den Stand des Wassers oder Quecksilbers im Druckmesser oder Manometer wird durch die Widerstände hervorgebracht, welche der in einer Röhre befindlichen Flüssigkeit entgegen stehen. Wenn wir in dem Apparate Fig. 73 die 14 Mm. weite Röhre *A* allein einsetzen, so können wir die Öffnung bei *1* ganz offen lassen, es fliesst kein Wasser aus. Indem das Wasser von der geraden Richtung abweichen, um in die Röhre zu steigen, und gegen die eigene Schwere aufsteigen soll, so sind die Widerstände viel grösser, als die Reibung in der nur 0,30 Mm. langen Röhre. Setzen wir hingegen vor die Röhre *A* die zweite engere *B*, so steigt das Wasser im Manometer. Mit einem Worte, das Wasser steigt um so weniger im Manometer, je leichter es einen andern Ausweg finden kann, auf welchem sich ihm weniger Widerstände entgegen stellen. — Verstopfen wir gar die Ausflussöffnung und lassen die Wasserhöhe bestehen, so steigert sich der Druck so, dass das Wasser hoch herauf steigt, dass die auf die Öffnungen etwa ausgesetzten Pfropfen herausgestossen werden. Setzt man anstatt einer Glasröhre eine zerreissbare ein, so kann dieselbe bersten. — Wenn man einem Thiere die aorta abdominalis unterbindet, so können dadurch je nach der Resistenz der Gewebe Zerreissungen

Digitized by Google

in höher liegenden Gefässen, z. B. Zweigen der a. renalis entstehen, so dass der Urin voll Blut wird.

Druckmesser sind Widerstandsmesser.

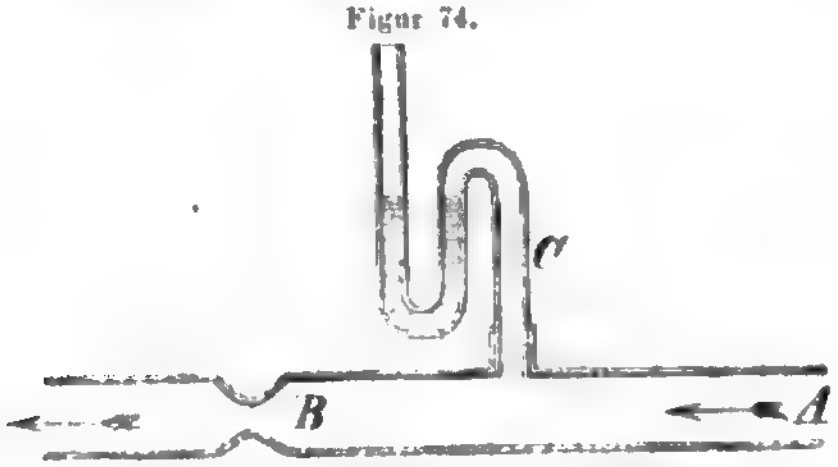
629. Weil durch den Flüssigkeitsstand in den eingesetzten Röhren die Grösse des Widerstandes sich kund gibt, so kann man dieselben auch Widerstandsmesser nennen. Es hat auch seine volle Begründung, dass der Stand im Druckmesser der sichtliche Ausdruck für den Widerstand ist, welchen die in der Röhre strömende Flüssigkeit an dieser Stelle derjenigen bewegenden Kraft entgegen setzt, welche an derselben Stelle wirkt. Es versteht sich von selbst, dass Widerstand sich stets auf eine bestimmte Kraft bezieht. Wenn man also beispielsweise in die vena jugularis ein Manometer rechtwinkelig einsetzt und das Quecksilber 15 Mm. Druckhöhe angibt, so will das sagen, dass derjenige Bruchtheil von Herzkraft, welcher an dieser Stelle noch wirksam, d. h. von der gesammten Herzkraft noch übrig geblieben ist, von hier aus noch einen Widerstand zu überwinden hat, welcher einer Quecksilbersäule von 15 Mm. gleich kommt; mit andern Worten, dass das Blut, welches von dieser Stelle aus bis zur Mündung der Hohlvene ins rechte atrium sich befindet, mit derselben Kraft fortgetrieben wird, wie das Quecksilber im Manometer.

Was mit dem Druckmesser gemessen wird.

630. Es ist Jedem klar, dass mit dem Druckmesser der Druck nicht direct gemessen wird, sondern dass wir vielmehr an der Stelle, an welcher wir den Druck messen wollen, denselben aufheben und in Bewegung verwandeln. Wir messen also eigentlich die Bewegung, d. h. die Geschwindigkeit an dieser Stelle und zwar dadurch, dass wir einen neuen Widerstand setzen. An dem einfachen Druckmesser, wie in Fig. 73, ist es die Schwere der Flüssigkeit selbst, welche den Widerstand bedingt; an dem Quecksilbermanometer die Quecksilbersäule. Beides können wir direct messen. — Dieser neu gesetzte Widerstand gegen die absichtlich durch Öffnen eines Ausweges in der Seitenwand hervorgerufene Bewegung kann nun mit dem Widerstande verglichen werden, den die Flüssigkeit von dieser Stelle bis zur Ausflussmündung erfährt.

Wenn eine Flüssigkeit in der Richtung von *A* nach *B* (Fig. 74)

Figur 74.



Theilweise verengte Röhre mit Druckmesser.

Digitized by Google

fliesst, und der Quecksilberstand im Manometer ist 150 Mm., so ist der Widerstand in *B* auch = 150 Mm. Hg.; wäre dieser nur = 100 Mm., so würde die Flüssigkeit, welche nach allen Seiten gleich stark drückt (s. oben p. 302), auch in *C* das Quecksilber nicht höher treiben; wäre der Widerstand in *B* = 0, so stiege das Quecksilber gar nicht, alle Flüssigkeit flösse da aus, wo sie keinen Widerstand fände.

631. Mit einem Worte, der Widerstand, der in *B* noch vorhanden ist, gleicht der Druckhöhe, welche die Quecksilbersäule in *C* anzeigt, wobei wir freilich davon absehen müssen, dass bei dem Ausfliessen in die rechtwinkelig und zum Theil nach Oben abgehende Manometerröhre ein neuer Widerstand entsteht, der von dem in *B* abgezogen werden muss.

632. Wenn wir von dem Widerstande in *B* sprachen, ist nur der Gesammtwiderstand gemeint bis zur Ausflussmündung. Dabei ist es natürlich sehr wohl möglich, dass in einzelnen Abtheilungen von *B* ein verschiedener Widerstand stattfindet, wie er wirklich beispielsweise in dem weitern Theile grösser ist als dem engern, oder auch grösser würde, wenn ein Theil der Röhre aus Cautschuk bestünde, und dadurch grössere Reibung hervorgebracht würde. Es ist nur von dem Mittel die Rede, welches aus den Widerständen resp. den Drücken an allen einzelnen Theilen gezogen wird, dem sogenannten mittlern Drucke.

Verhältniss zwischen Druck und Geschwindigkeit.

633. Bei derselben bewegenden Kraft wächst der Druck wie die Geschwindigkeit der Strömung abnimmt und umgekehrt. — Das Verhältniss zwischen Druck oder vielmehr den Widerständen und der Geschwindigkeit ist durchaus constant, und es ist von Gerstner versucht worden, dasselbe auf eine bestimmte Formel zurück zu führen. Aber selbstverständlich ist dies nur dann auszuführen, wenn die bewegenden Kräfte gleich bleiben und die Widerstände nicht beständig wechseln, oder wenigstens deren Wechsel sich der Berechnung nicht entzieht. Wenn aber, wie im menschlichen oder thierischen Körper, jeden Augenblick die Flüssigkeit führenden Gefässe an den verschiedensten Stellen sich verengern oder erweitern, die Flüssigkeit selbst ihre Consistenz ändern, bald zäher, bald wässeriger werden, wenn die bewegende Kraft abnehmen und zunehmen kann, selbst rascher als die Hand des Beobachters den Versuch anzustellen vermag, — da ist es ein eitles, vergebliches Unternehmen, unter dem Scheine der Exactheit Formeln einführen zu wollen, wie es so oft heut zu Tage geschieht. Es gibt Ursachen, welche die Geschwindigkeit vermehren, dabei gleichzeitig den Druck vermindern, und umgekehrt, und dann wieder Ursachen, welche beides vermehren oder vermindern. Bei vermehrtem Drucke haben wir einen pulsus fortis.

Digitized by Google

Er kann also in beiden Fällen vorkommen. Auf das Verhältniss von Geschwindigkeit und Druck haben selbstverständlich die Widerstände den grössten Einfluss.

Durchmesser der Röhre.

634. Zunächst verdient der Querschnitt der Röhren Beachtung. In weiten Röhren ist die Geschwindigkeit geringer als in engen. Nehmen wir zwei Röhren von gleicher Länge, von welcher α das Doppelte fasst, als eine zweite β, so entströmt aus jener in gleicher Zeit und unter gleicher Druckhöhe bei Weitem nicht das Doppelte aus, wie aus dieser. So flossen z. B. in 15 Secunden, bei gleicher Druckhöhe

aus Röhre α: 3998 C.C.
aus Röhre β: 2320 C.C.

Da die Geschwindigkeit gleich ist der Flüssigkeitsmenge, welche innerhalb einer gewissen Zeit ausfliesst, dividirt durch das Lumen, so ergibt sich ein Verhältniss = 920 : 400, also mehr als die doppelte Geschwindigkeit in der halb so engen Röhre. Im Allgemeinen verhalten sich bei weiten Röhren die Geschwindigkeiten umgekehrt, wie die Durchmesser. — In weiten Röhren sind die durch die grössere Wandfläche hervorgerufenen Widerstände natürlich beträchtlich grösser, als in engern.

Wenn lediglich der Durchmesser der Gefässe ins Auge gefasst wird, so lassen sich daraus folgende Resultate ziehen.

Die Geschwindigkeit in den Verzweigungen des Arteriensystems muss ungleich geringer, als in der aorta sein. Denn der Durchmesser der Arterienzweige ist fast durchweg grösser, als der Stamm, von dem sie ausgehen.[1]) Wenn man sich sämmtliche Querschnitte der kleinsten Arterien vereinigt dächte, so käme ein Durchmesser zu Stande, der vielleicht mehr als das Hundertfache den der aorta übertreffen würde, und dies Verhältniss vergrössert sich noch in dem Capillargefässsystem. Hingegen wird umgekehrt durch die Vereinigung der Haargefässe zu Venen die Geschwindigkeit wieder beschleunigt.

Figur 75.

a a' Die beiden a. vertebrales; *b* die a. basilaris.

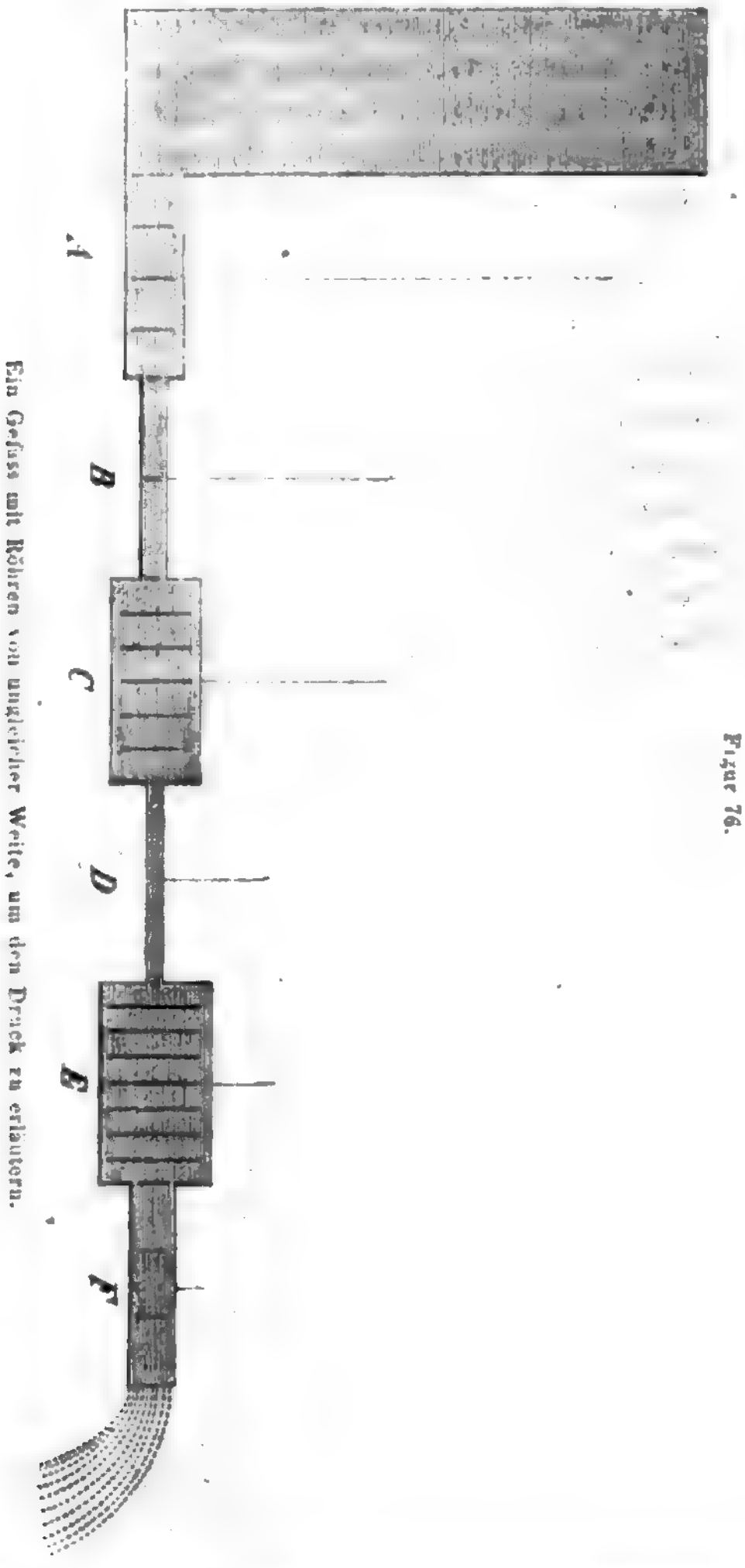
Eine vermehrte Geschwindigkeit wird auch stattfinden, wenn zwei Arterien zu einer sich vereinigen, ohne dass im Verhältniss der Durchmesser der letztern zunimmt. Das ist z. B. an der a. basilaris der Fall, welche aus der Vereinigung der beiden a. vertebrales (Fig. 75) hervorgeht. Der Blutdruck wird in *b* geringer, als in *a a'* sein, hingegen die Geschwindigkeit grösser.

1) Nach Paget und Donders machen die a. iliacae communes eine Ausnahme; die Summe ihrer Durchmesser ist kleiner, als der von der aorta abdominalis.

Digitized by Google

Röhren von ungleicher Weite.

635. Bei Röhren von ungleicher Weite wie in Fig. 76 nimmt die Stromgeschwindigkeit in den engern Abtheilungen im Ganzen zu, in den weitern ab, während im erstern Falle der Druck sinkt. Die



Ein Gefäss mit Röhren von ungleicher Weite, um den Druck zu erläutern.

Figur 76.

Geschwindigkeit in weiten Röhren verhält sich umgekehrt proportional dem Durchmesser, in sehr engen Röhren nimmt sie hingegen gleichfalls ab, und sogar wie das Quadrat der Durchmesser. Von dem

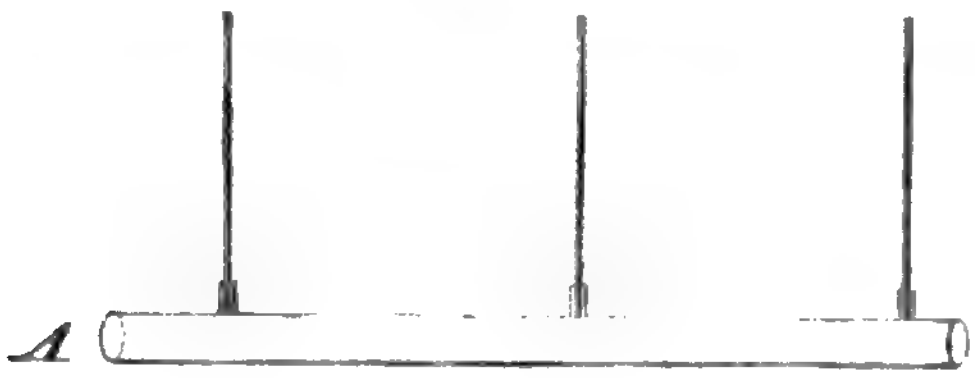
Digitized by Google

Abschnitt *A* der horizontalen Röhre an bis zu *F* werden jedoch sowohl Druck als Geschwindigkeit abnehmen, weil die bewegende Kraft in Folge der gleich hervorzuhebenden Widerstände fortwährend geringer wird. Hingegen ist die Abnahme nicht eine gleichmässige, weil die Widerstände verschieden gross in den verschiedenen Abtheilungen sind. — Bei dem Übergange aus dem Druckgefässe in den Röhrenabschnitt *A* müssen die Wassertheilchen losgerissen werden, wodurch Kraft verloren geht, ebenso bei jedem Übergange von einer engern zu einer weitern Abtheilung, wie von einer weitern zu einer engern, weil hier Wirbel entstehen, welche die Strombewegung hindern. In den engern Röhren ist zwar die Geschwindigkeit grösser, als in den weitern und der Druck geringer, weil der Wandungswiderstand geringer ist; hingegen kann die Flüssigkeit, welche aus einer weiten Röhre ankommt, in der engern nicht so leicht ausweichen, wodurch also auch eine Druckvermehrung bedingt wird. — Obgleich *E* acht, *C* sechs, *A* vier, *F* drei, *B* zwei Mal weiter als *D* sind, so ist die Geschwindigkeit in *D* nicht sechs Mal so gross, als in *C*, weil in Folge der beim Übertritte der Flüssigkeit von *C* nach *D*, und durch die Röhrenlänge entstandenen Widerstände die bewegende Kraft in *D* geringer als in *C* ist.

Der Druck wird sich so verhalten, dass er in *A* am Grössten ist, in *C* um ein Weniges höher, als in *B*, in *E* fast gleich gross als in *D* sich zeigt, nahe der Ausflussmündung in *F* bedeutend sinkt.

636. Ich habe einige Versuche mit vier verschiedenen Röhren gemacht, von denen eine jede genau dieselbe Flüssigkeitsmenge fasste, aber *A* (Fig. 77) war eine einfache Röhre, *C* in zwei Schenkel,

Figur 77.



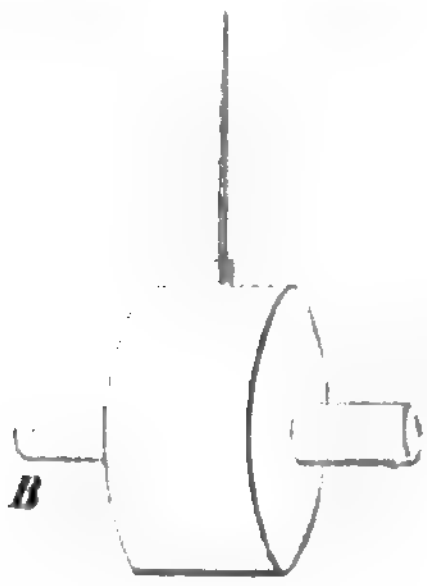
D in drei Schenkel getheilt, *B* hatte eine sehr beträchtliche Weite. In 15 Secunden flossen bei gleicher Druckhöhe aus

A	3860	C. C.
B	3560	„
C	3400	„
D	3100	„

Digitized by Google

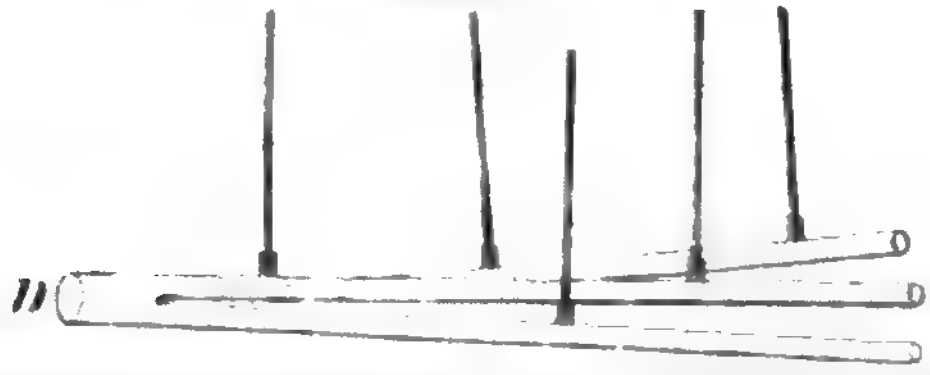
In den Druckmessern stieg das Wasser in umgekehrtem Verhältnisse, am Meisten bei *d*.

Figur 78.



Figur 79.

Figur 80.



Verschiedene Röhren von gleichem Volumen, aber verschiedenem Durchmesser.

Biegungen der Röhren.

637. Ein weiteres Hinderniss macht das Anstossen der Flüssigkeitstheilchen bei Biegungen. In dem Apparate, welcher in Fig. 73 dargestellt ist, wurde der Wasserstand in *R* auf 26 C. C. erhalten. Hatte man vor den Hahn *x* das kurze Stück *1*, und die Glasröhre *A* welche sämmtlich einen Durchmesser von 14 Mm. hatten, vorgesetzt und die Seitenöffnung des (anderthalbfach durchbohrten) Hahnes frei gelassen, so flossen in 10 Secunden aus *A* 1275 C. C., aus *x* nur 124 C. C. Etwas Ähnliches findet bei gekrümmten Röhren Statt. Dies würde eine Anwendung etwa auf den Aortenbogen haben, wenn diese Krümmung nicht sehr allmählig wäre. — Auch beim Übergange aus einer engen in eine weite und aus einer weiten in eine enge Röhre findet ein solches Hinderniss Statt.

Verengerung der Röhren.

638. Endlich ist noch hervorzuheben, dass, obwohl der geringere Querschnitt die Geschwindigkeit vermehrt, doch auf der andern Seite bei Zunahme der Verengerung eine neue Verzögerung eintritt. Denn der äusserste Wassercylinder (s. p. 300) ist der unbeweglichste, die Beweglichkeit nimmt nach Innen hin zu. Je grösser die Zahl der Cylinder, desto mehr wird die Geschwindigkeit vergrössert. So trägt auf der einen Seite die Enge der Röhren wegen Abnahme der Reibung zur Vermehrung der Stromschnelligkeit viel bei, auf der andern hingegen hindert sie dieselbe.

Digitized by Google

Der Druck muss, wenn man sich die ganze Flüssigkeitsmasse aus in einander steckenden Cylindern vorstellt, in den innersten Cylindern, in welchen die Geschwindigkeit am Grössten ist, der geringste sein, und steigen, wie man sich der Wand nähert.

639. Die zur Disposition stehende Blutmenge hat einen nicht geringen Einfluss auf Geschwindigkeit und Druck. Bei gleicher bewegender Kraft nimmt mit der Zunahme der zu bewegenden Masse die Geschwindigkeit ab, hingegen der Druck zu; und umgekehrt bei Abnahme der Masse die Geschwindigkeit zu und der Druck ab. — Sobald hingegen gleichzeitig die bewegende Kraft abnimmt, wird man eine verhältnissmässige Verminderung von Druck und Geschwindigkeit bemerken müssen. Einfluss der Blutmenge auf Geschwindigkeit und Druck.

Es sind mehrfache Versuche angestellt worden, um nach absichtlich vorgenommenen Blutentziehungen diese Verhältnisse zu prüfen. Hering und Vierordt fanden, dass Kaliumeisencyanür in die v. jugularis der einen Seite injicirt in der entsprechenden Vene der andern Seite nach folgenden Zeiten sich wiederfand:

	Blutverlust in Pfd.	Puls in 1 Minute.	Athemzüge	Dauer in Secunden.	Beobachter.
Pferd I.					
Norm	0	38	12	27,5	
1. Blutentziehung	8	40	12	27,5	
2. „	8	41	12	27,5	Hering.
3. „	8	44	10	27,5	
4. „	16	64—84	16	44	
Pferd II.					
Norm	0	44	10	22,5	Hering.
Blutentziehung	25	84—100	38	22,5	
Pferd III.					
Norm	0	40	8	27,5	
1. Blutentziehung	8	44	10	27,5	Hering.
2. „	8	60	9	27,5	
3. „	16	108	16	17,5	
Pferd IV.					
Norm	0	36	8	22,5	
Blutentziehung bis zur Ohnmacht	24	84	24	37,5	Hering.
Pferd V.					
Norm	0	40	12	27,5	Hering.
Blutentziehung	14	80	—	27,5	
Hund I.	In C.C.				
22,86 K. schwer.					
Norm	0	106	—	18,92	Vierordt.
Aderlass	110	—	—	17,48	
Hund II.	0	72	—	14,95	Vierordt.
7,65 K. schwer.	100	84		13,82	
Hund III.	0	104	—	14,67	Vierordt.
8,1 K. schwer.	100	159	—	21,16	

Digitized by Google

In einigen Versuchen hat die Blutentziehung keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Blutlaufs, in andern Fällen war die Cirkulation verlangsamt (bei Pferd I nach dem vierten Aderlass, bei Pferd IV nach einem Aderlasse bis zur Ohnmacht), in andern sogar beschleunigt.

Die Versuche, welche Volkmann mit seinem Hämodromometer und Vierordt mit seinem Hämotachometer (s. unten: Bewegungseffecte) anstellten, ergeben, dass nach Blutverlusten das Blut in derselben Zeit eine kürzere Strecke zurücklegt, als im normalen Zustande.

Bei Beurtheilung aller hier erwähnten Versuche muss man besonders Zweierlei im Auge behalten, nämlich erstens, dass durch jede Blutentziehung die Herzkraft geringer und die systole weniger ausgiebig wird, dass aber zweitens die Zahl der Herzschläge zunimmt, mithin ein öfterer Nachfluss stattfindet. Während der erstere Umstand die Geschwindigkeit vermindert, vermehrt ihn der zweite. Je nachdem der eine oder andere sich in einem speciellen Falle geltender macht, kann die Geschwindigkeit vermehrt oder vermindert werden. Es kommt dabei noch die grosse individuelle Verschiedenheit der Herzmuskulatur, seiner Reactionsfähigkeit, sowie der Innervation in Betracht. Obwohl sich alle diese Momente bis jetzt einer exacten Schätzung nicht unterziehen lassen, so ist es doch für den Arzt höchst wichtig, die allgemeinen Gesichtspunkte zu kennen, aus denen man auf die Gefahr von Blutentziehungen schliessen kann.

Einfluss der Zahl von Abflusscanälen.

640. Bei der Blutströmung muss besonders auch die Anzahl der Abflusscanäle ins Auge gefasst werden. Wenn für reichlichen Abfluss gesorgt ist, so werden die Widerstände dadurch vermindert.

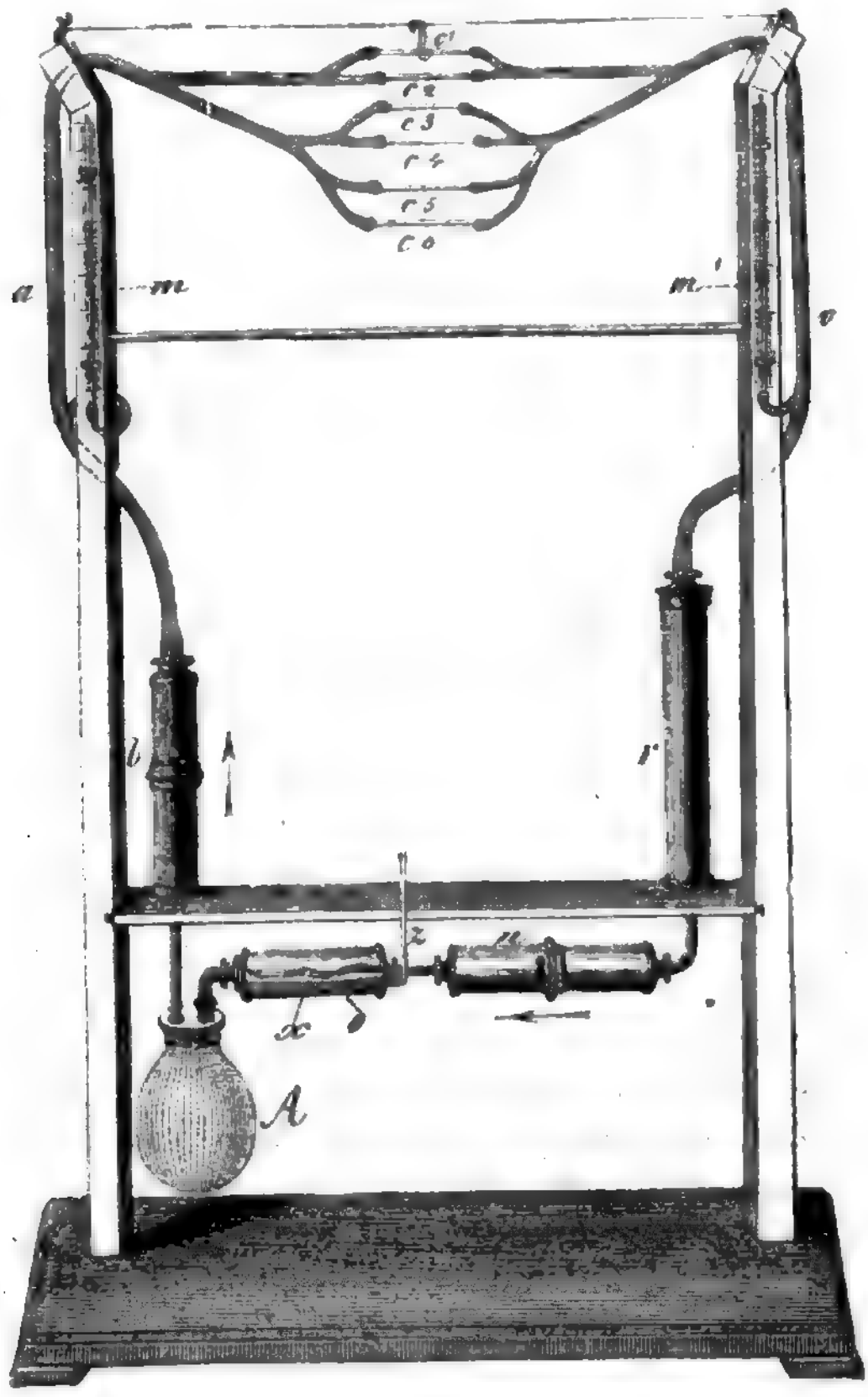
In dem Figur 81 dargestellten Apparate, dessen nähere Beschreibung unten gegeben wird, flossen bei gleichmässiger Zusammendrückung des Gummibeutels *A* durch das Ende der elastischen Röhre *v* in 15 Secunden 34 C.C. Wasser. Wurden von den sechs gläsernen Capillarröhren von $^2/_3$ Mm. Durchmesser zwei verschlossen, so flossen aus der gleichen Öffnung in 15 Secunden nur 22 C.C., waren nur drei offen, 18 C.C., bei zweien 13, bei einer 8. — In dem Druckmesser *m* an der Seite, welche dem arteriellen Systeme entspricht, dauerte es 3 Secunden, bis das gestiegene Wasser wieder zurückgefallen war, wenn vier Capillarröhren offen waren, hingegen 8 Secunden, wenn nur zwei, und 12 Secunden, wenn nur eine Capillarröhre permeabel war. Die Druckvermehrung stieg natürlich im Verhältnisse, in welchem mehr Capillarröhren verschlossen wurden. Wenn gefärbte Flüssigkeit in den Apparat gebracht war, so kam es mitunter vor, dass einzelne Körnchen Farbestoff stecken blieben, was sich sogleich am Manometer zeigte. — In dem Druckmesser *m'* fing

Digitized by Google

das Wasser sich merklich später zu heben an und erreichte, wie sich von selbst ergibt, eine viel geringere Höhe, als im Druckmesser *m*.

Aus dem Angegebenen ergibt sich der grosse Vortheil, den die unzählbare Menge von Capillaren für den Blutumlauf hat. Für die Erhaltung desselben kommt es natürlich darauf an, dass in derselben Zeit durch die grossen Venenstämme so viel Blut anlangt, als

Figur 81.



durch die Arterien gefördert wird. Dies würde bei dem verlangsamten Blutlaufe in den Capillaren und Venen nicht möglich sein, wenn nicht die Ausflussmündungen der Venen um ein Bedeutendes die der Arterienöffnungen überträfen.

Digitized by Google

2) Die bewegenden Kräfte. 641—654.

Kräfte, durch welche das Blut getrieben wird.

641. Die bewegenden Kräfte, welche die Blutströmung veranlassen, sind wesentlich repräsentirt 1) durch die Muskelkraft des Herzens, 2) durch die Elasticität der Arterien, 3) durch die Elasticität des Herzens, 4) durch die Gefässmuskeln und 5) durch den Luftdruck.

1) Muskelkraft des Herzens.

1) Muskelkraft des Herzens.

642. Indem die Muskelfasern des Herzventrikels, welche den Hohlraum desselben umgeben, sich verkürzen, wird dieser enger. Der hierdurch auf das Blut ausgeübte Druck veranlasst dessen Theilchen nach einer Stelle auszuweichen, wo der Druck geringer ist. Einen solchen Ausgang gewähren die ostia arteriosa, da die ostia venosa, wie oben p. 264 erläutert ist, sich verschliessen und der Verschluss mit der Druckgrösse wächst. Die ganze Blutsäule, welche vor den Semilunarklappen liegt und durch die lange Strecke des Gefässsystems sich ausbreitet, übt einen geringern Druck auf die concave Fläche der Semilunarklappen aus, als die unter der Pressung der Ventrikelmuskel stehende Blutmasse des Herzens auf deren convexe Fläche. Die Klappen müssen sich daher öffnen, und es wird eine der Dauer und der Kraft der Herzmuskeln, sowie der Grösse der Öffnung entsprechende Blutmenge in die Arterienanfänge gestossen.

a) Wellenbewegung. 643—651.

643. Die Contraction der Herzmuskeln ist von ihrem Anfange an bis zu einem gewissen Punkte im Wachsen begriffen, dann nimmt sie wieder ab, um der Pause Platz zu machen. Es ist also eine Art von Wurfbewegung, welche in bestimmten Intervallen sich wiederholt. Das Blut, welches der Herzventrikel auswirft, gelangt nicht in einen lufterfüllten Raum, sondern in blutvolle Röhren. Es findet also hier ein Verhältniss Statt, als ob in eine Flüssigkeit ein anderer Körper plötzlich hereingeworfen wird, wie etwa ein Stein in Wasser. Es entsteht dadurch eine Wellenbewegung.

644. Zwiefach ist mithin die Wirkung der Herzbewegung. Einmal wird eine gewisse Blutmasse fortgeschoben, wodurch, da diese eine andere und andere immer weiter und weiter bewegt, eine Strömung centrifugal von den Arterienanfängen entsteht; — und zweitens ist eine Wellenbewegung vorhanden. Von dieser letztern wollen wir zuerst handeln.

Allgemeine Bedingungen der Wellenbewegungen.

645. Wenn ein beweglicher Körper aus seiner Gleichgewichtslage durch irgend eine Kraft herausgebracht wird und durch eine andere Kraft wieder seiner Gleichgewichtslage entgegen strebt, so entsteht eine Schwingung. Wenn die Vibrationen so fortschreiten, dass nach und nach verschiedene Theilchen desselben Körpers ergriffen werden,

Digitized by Google

so entsteht eine Welle. Wirft man einen Stein in Wasser, so wird eine Wassermasse von ihrer Stelle getrieben und weicht nach Oben aus, ein anderer Theil wird nach Aussen gedrückt und wirkt wiederum auf benachbarte ein, und so wird ein Theil nach dem andern bis auf eine gewisse Grenze aus seiner Ruhelage geschoben. Alle aus ihrer Stelle entfernten Theilchen suchen vermöge ihrer Schwere das Gleichgewicht wieder zu erreichen und kehren an ihren frühern Ort zurück. Obgleich in den Wasserwellen, wenn sie wie bei einem Sturme sich massenhaft von der Ferne her gegen das Ufer thürmen, das Wasser in einer starken Strömung begriffen zu sein scheint, so überzeugt man sich leicht, dass die Wassertheilchen an ihrem Orte bleiben und immer andere und andere sich heben und senken. Man braucht nur ein Stück leichtes Holz in die See zu werfen, so sieht man, wie dasselbe von einer ankommenden Welle nicht etwa fortgetrieben wird, sondern an dem Wasserberge heraufgetragen wird und dann sich wieder in das Wellenthal senkt, um von einer folgenden Welle sich wieder heben zu lassen. So nehmen also auch an der fortschreitenden Bewegung der Wellen die Wassertheilchen keinen Antheil, sondern sie machen vielmehr elliptische oder Kreisbewegungen, um wieder an den Ort zurückzukehren, wovon sie ausgegangen sind. Sie steigen empor und fallen zurück. Daher bezeichnet mit Recht E. H. Weber, der vortreffliche Untersuchungen über die Wellen- und Strombewegung des Blutes gemacht hat, die Wellen als eine Formveränderung. — Auch in Röhren entstehen Wellen. Man kann in wassergefüllten Röhren Wellen erzeugen, indem man eine neue Wassermasse in sie hineinwirft oder aus ihnen eine gewisse Menge rasch herauszieht.

Apparat zur Veranschaulichung der Blutwellen.

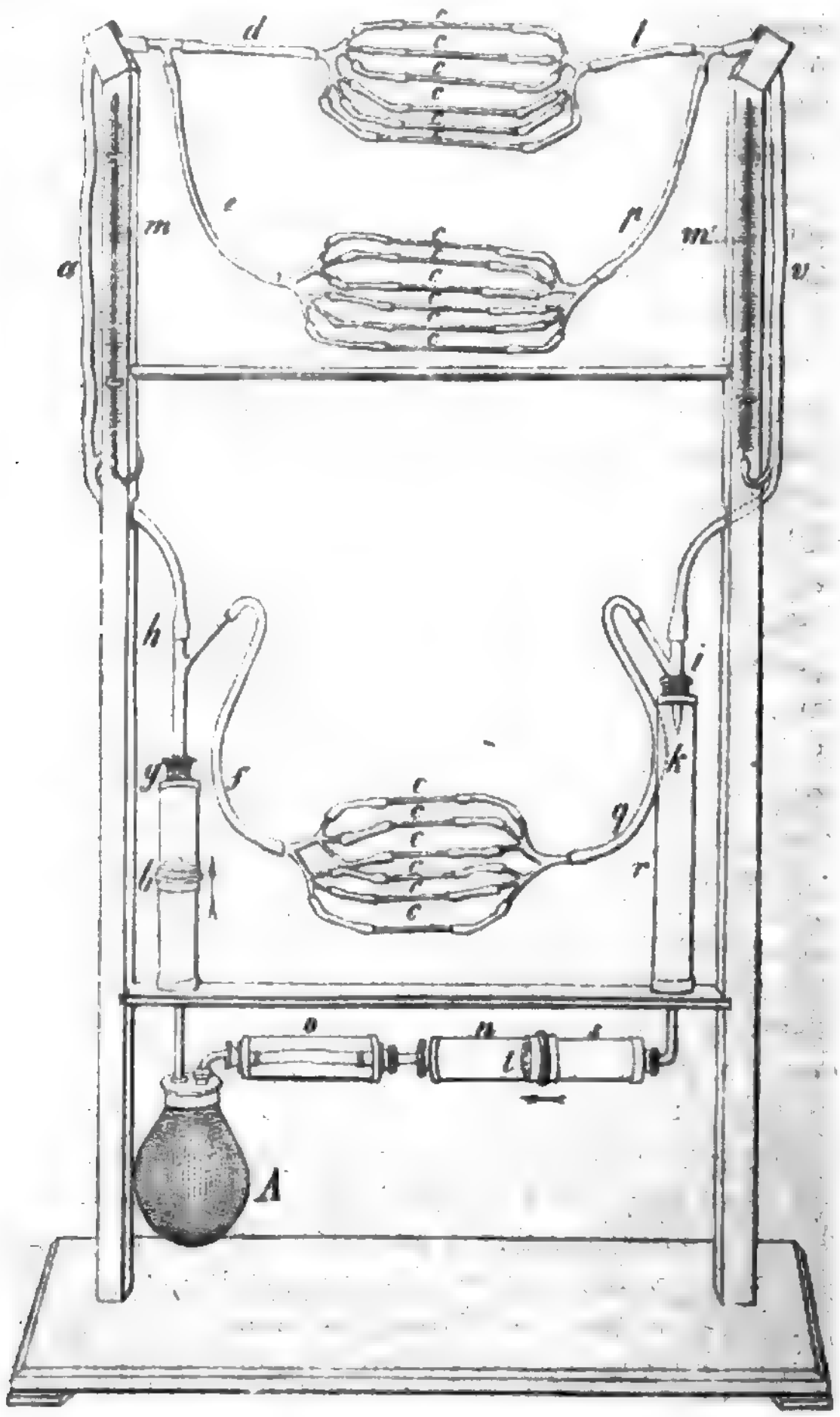
646. An meinem in Fig. 82 dargestellten Apparate, welcher die Verhältnisse des Blutumlaufs versinnlichen soll, [1]) kann man sich eine Anschauung davon verschaffen. *A* ist ein starker Gummibeutel, welcher den Ventrikel repräsentirt. Er hängt durch die Glasröhre *b* zunächst mit der getheilten Messingröhre *h* zusammen. In *b* sieht man drei Klappen, welche den Semilunarklappen entsprechen sollen. Bei *g* kann man das Stück *h* abschrauben. Von dem einen Arme von *h* geht die Kautschukröhre *a* aufwärts, eine andere *f* nach Innen. Jene theilt sich in die beiden elastischen Röhren *d* und *e*. Alle drei *d e f* führen in drei Capillargefässsysteme, welche von 18 kurzen Glasröhren *c c* von $^1/_3$ bis $^3/_4$ Mm. Lumen gebildet werden und

1) Apparate zur Versinnlichung des Blutumlaufs existiren verschiedene; von den neuern erwähnen wir den von E. H. Weber in Müller's Archiv 1851, p. 528, und von Marey in Ann. des sc. nat. 1857, VIII, 329.

Digitized by Google

wieder in Gummiröhren $l\,p\,q$ sich vereinigen, die zwei ersten gehen zuerst in v, die letztere direct in das abschraubbare Messingstück i über, welches durch eine Spitze k endet. Diese mündet in eine weitere Glasröhre r, welche in Verbindung mit n und o den Vorhof

Figur 82.

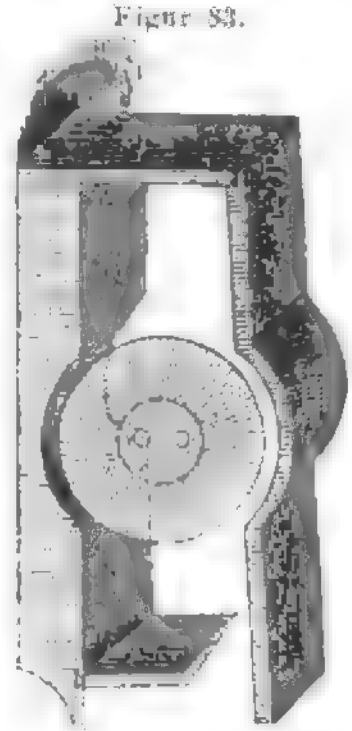


repräsentiren soll. Bei t ist eine Klappe angebracht, welche die Atrioventrikularklappen darstellt. Druckmesser sind bei m und m' angebracht, jener der arteriellen, dieser der venösen Seite ent-

Digitized by Google

sprechend. Auch kann noch in der Röhre *o*, durch welche eine andere, zum ganzen Systeme gehörende Gummiröhre durchgeht, seitlich ein Manometer eingebracht werden. — Man füllt den Apparat mit klarem oder gefärbtem Wasser, welches man, nachdem *i* abgeschraubt ist, in die Röhre *k* mit einer Pipette (damit die Luft leicht austreten kann) eingiesst. Durch wiederholtes Zusammendrücken von *A* wird der ganze Apparat mit Wasser gefüllt. — Um den Druck von *A* gleichmässig zu machen, dient die Vorrichtung Fig. 83 von Holz, welche aus zwei wie Charniere in einander eingreifenden Stücken besteht. Man bringt die Branchen mit regelmässig auf einander folgenden, durch Chronometerschläge bestimmten Handbewegungen bis zur Berührung an einander, wenn man den Apparat spielen lässt.

Figur 83.



Vorrichtung zum Zusammendrücken des Gummibeutels *A* in Fig. 83.

Um die positive Welle zu beobachten, welche entsteht, wenn eine Flüssigkeitsmasse eingeworfen wird, schraubt man *g* ab und setzt eine Pipette ein. Jedesmal wenn man *A* zusammendrückt, sieht man ebenso als wenn man einen Stein ins Wasser wirft, das Wasser in dem Bauche der Pipette in die Höhe springen und zurückgehen. — Um die negative Welle zu beobachten, welche durch Ansaugen entsteht, richte man seinen Blick auf den Theil der Röhre *n*, welcher mit *s* bezeichnet ist. Sobald man *A* zusammendrückt, geht Wasser durch *o* und *n* zurück und schliesst die Klappe *t*. Lässt der Druck wieder nach, so öffnet sich *t*, aus *k* fliesst Wasser nach und dringt durch *s n* und *o* in *A* ein. Durch Abnahme des Druckes in dem theilweise entleerten *A* bewirkt der stärkere Wasserdruck in *r* ein Nachfliessen. Man nennt diesen Druck, welchem auf diese Weise *A* ausgesetzt wird und der einem Ansaugen folgt, negativen Druck. Während nun in *s* die Strömung sich zeigt, so sieht man deutlich eine Welle, welche deshalb erkennbar wird, weil die Röhre nicht vollends mit Wasser gefüllt ist. Diese durch plötzliches Ansaugen entstehende Welle wird eine negative (Thalwelle) genannt.

Blutwellen bilden sich in den elastischen Gefässen.

647. In einer gleichartigen Flüssigkeit, welche einen unnachgiebigen Raum ausfüllt, können keine Wellen entstehen, weil eben keine Gelegenheit gegeben ist, dass die Theilchen ausweichen. In den obigen Beispielen war es die leicht comprimirbare Luft, in welche das mit Gewalt andrängende Wasser ausweichen konnte, und hier kommt die Welle zur Erscheinung. Hat hingegen eine Röhre erweiterungsfähige, elastische Wände, so ist gleichfalls die Möglichkeit zur Wellenbildung gegeben. Wenn wir daher aus dem Beutel

Digitized by Google

A eine gewisse Wassermasse nach *a* und *f* hineinwerfen, so entsteht eine positive oder Bergwelle, es dehnt sich zunächst derjenige Theil der Röhre, welcher dem Beutel am Nächsten liegt, aus, der gespannte Theil der Röhrenwand drückt wieder auf die Flüssigkeit, diese spannt den folgenden Abschnitt der Wand u. s. f. und in einer überaus kurzen Zeit wandert die Welle weiter. Beim Betasten der Röhre fühlt man die Wellenbewegung als Puls. — Die Flüssigkeitstheilchen, welche von der gespannten Wandung zurückgestossen werden, würden ähnlich wie in einer Wasserwelle gegen den Beutel *A* hin auch zurücksinken und also eine negative oder Thalwelle erzeugen, wenn nicht die geschlossenen Klappen dies hinderten. Hierdurch geschieht es, dass sich auch bei einer solchen Wellenbewegung ein Theil der Flüssigkeit in der Richtung gegen die Capillargefässe hin fortbewegen muss.

Geschwindigkeit der Blutwellen.

648. E. H. und Th. Weber [1]) haben Untersuchungen über die Geschwindigkeit angestellt, mit welcher sich in einer Secunde eine Welle in Kautschukröhren fortpflanzt. Sie fanden, dass dieselbe bei negativen Wellen 10,8, bei positiven 11,4 Meter beträgt. — In Röhren von Dünndärmen war die Fortpflanzung 10 Mal geringer. Einwerfen von Blut in die Arterien durch die in Intervallen eintretenden Contractionen des Herzens veranlassen gleichfalls Wellenbewegungen, welche wir als Arterienpuls erkennen. Die Ankunft des Pulses an Theilen, welche weit vom Herzen entfernt sind, erfolgt später, als an den nähern Arterien. In der a. metatarsea wird der Puls nach E. H. Weber $^1/_6$ Secunde später gefühlt, als in der a. maxillaris extern. Die Entfernung vom Herzen bis zu dieser Arterie ist ungefähr 1320 Mm. kürzer als bis zu jener, so, dass also die Pulswelle in $^1/_6$ bis $^1/_7$ Secunde 1320 Mm. zurücklegt, dies beträgt für die Secunde eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 7920 bis 9240 Mm., also um etwas geringer, als in einer Kautschukröhre.

Fortrücken der Blutflüssigkeit während der Wellenbewegung.

649. Mit der Wellenbewegung wird auch, wie oben angegeben, ein Theil der Blutflüssigkeit durch das Arteriensystem, soweit in diesem Puls vorhanden ist, gefördert, weil eine Thalwelle nicht entstehen kann, indem der Schluss der Semilunarklappen ein Rückfliessen hindert. Würde eine Thalwelle sich bilden, d. h. das vorwärts geworfene Blut wieder wie das Wasser in einem Bassin zurückfallen können und nicht durch das hinter ihm liegende abgehalten werden, so fände gar kein Fortrücken von Flüssigkeit während der Wellenbewegung Statt.

---

1) Weber in den Verh. der sächs. Gesellsch. zu Leipzig 1850, p. 177, und Müller's Arch. 1851, p. 515.

Digitized by Google

Thalwelle in der Blutflüssigkeit.

650. In unserm Apparate entsteht jedesmal eine deutliche (negative) Welle, wenn nach vollendeter Compression von Neuem Wasser aus *o* in *A* einströmt. Wenn auch im Augenblicke, in welchem Blut in die eben dilatirten Vorhöfe einstürzt, eine solche Thalwelle sich bildet, wie man vermuthen könnte, so müsste auch in den Venen der Puls gefühlt werden. Das ist nun nicht der Fall. Einige Forscher, wie Skoda, nehmen an, dass auch während der systole atriorum Blut noch in die Vorhöfe eintritt. Wenn dies sich bestätigen sollte, so würde kein periodisches Fliessen in die Atrien, wie aus den Ventrikeln, sondern ein beständiges Statt haben. Dadurch würde die Welle geringer, jedoch nicht aufgehoben, ebenso wenig, als in einem fliessenden Strome die Welle ausbleibt, wenn man an einer Stelle die Flüssigkeitsmasse comprimirt. Hingegen ist die Kraft, welche die Thalwelle in Folge der Erschlaffung der viel muskelärmern Vorhöfe erzeugt, viel geringer, als in den Ventrikeln. Deshalb breitet sich diese Welle nur über ein kurzes Stück aus und verschwindet bald.

Widerstände, welche die Verbreitung des Pulses hindern.

651. Das Fortschreiten der Wellen wird beeinträchtigt, wenn die Kraft, welche sie erzeugt, durch Widerstände vermindert wird, oder wenn die Flüssigkeitsmenge, in der sie zu Stande kommt, abnimmt. Es wird hingegen gefördert, wenn die Widerstände abnehmen oder die Flüssigkeitsmenge zunimmt. In dem Apparate Fig. 82 fühlt man auch deutlich die pulsirende Bewegung in dem venösen Theile *v* und *q*, wenn auch viel geringer, als in *a* und *f*. Wir sehen aber immer mehr den Puls verschwinden, wie wir die Durchflusscanäle vermindern, lässt man endlich anstatt der 18 Capillaren nur zwei oder drei frei, so fühlt man auch keine Spur mehr. In den kleinern Arterien hört der Puls mehr und mehr auf, in den kleinsten wird er nicht mehr gefühlt. Sobald aber in einem Bezirke eine grössere Menge von Blut als vorher enthalten ist, so entsteht Pulsation, wie man bei lokalen Entzündungen täglich sieht.

Fortbewegung des Blutes durch Druckdifferenz.

652. Ausser der Wellenbewegung des Blutes, welche also ihren Grund darin hat, dass sich das Herz mit Unterbrechungen contrahirt, findet noch eine fortrückende Bewegung aller Flüssigkeitstheilchen vom Anfange bis zum Ende des Röhrensystems Statt. Diese hat ihren Grund in der Verschiedenheit des Druckes.

653. Mit jeder Wellenbewegung muss nothwendig dann ein Fortrücken der Flüssigkeit oder eine Erhöhung ihres Niveau immer verbunden sein, wenn der die Wellenbewegung veranlassende Körper in der Flüssigkeit bleibt. Wenn in ein Wasserbecken ein Stein geworfen wird, so hebt sich der Wasserspiegel schliesslich so viel, als der Raum beträgt, den der Stein einnimmt. Die Wassertheilchen, gegen welche der Stein anrückt, müssen ausweichen, d. h. sich dem stär-

Digitized by Google

kern Drucke entziehen, bis endlich an der Oberfläche des frühern Wasserspiegels die übrig gebliebene Flüssigkeit den Ort des geringsten Druckes gefunden hat.

Wenn wir an dem Apparate Fig. 82 *A* comprimiren und eine Pipette in *s* einsetzen, so hebt sich in analoger Weise der Wasserspiegel. Wäre die Pipette elastisch, so würde der Stand niedriger sein, weil dann ein Theil der Flüssigkeit in den erweiterungsfähigen Wänden Platz findet.

654. Dies lässt sich auf das Gefässsystem anwenden. Die Blutmenge (ungefähr 160 Grm.), welche die Ventrikel in die Arterien schleudern, bringt eine Erweiterung der Gefässwandung hervor und findet zum Theil in den grösser gewordenen Querschnitten Platz. Ein anderer Theil des Blutes hingegen wird gerade vorwärts geschoben, weil von dem Anfange derArterien bis zu Ende der Venen der Druck beständig geringer wird. Diese Abnahme hat aber darin ihren Grund, dass erstens die Vorhöfe zur Zeit der Kammersystole nicht zusammengezogen sind und also dem Eintritte des Venenblutes keinen Widerstand entgegensetzen, und zweitens darin, dass dem Blute eine reiche Gelegenheit gegeben ist, aus den Arterien auszufliessen, indem die Menge der Capillargefässe ungeheuer gross ist und die Venen so geräumig und ausdehnbar sind, dass sie leicht eine grosse Flüssigkeitsmenge noch fassen können. Das Blut entzieht sich also, dem allgemeinen Gesetze (s. p. 305) folgend, dem stärkern Drucke, welchem es, je näher den Ventrikeln, desto mehr ausgesetzt ist, und fliesst nach dem Orte hin, wo der Druck geringer wird. Dieses Spiel wiederholt sich beständig. In den Arterienanfängen wird der Druck bei jeder Systole vermehrt, in den Venenenden vermindert.

655. Die Druckverminderung in den Venen ist grösser, als die Druckvermehrung in den Arterien, weil die letztern elastischer und enger als jene sind. [1])

Bedingungen und Ursachen der Contraction der Herzmuskeln.

656. Nachdem die nächsten Wirkungen behandelt worden sind, welche durch die Contraction der Muskelfasern des Herzens hervorgebracht werden, wäre die Natur der anziehenden Kräfte zu untersuchen, durch welche die Theilchen einer jeden Faser einander näher rücken, um sich zu verkürzen. Es ist bis jetzt indess noch nicht gelungen, einen exacten wissenschaftlichen Ausdruck für dieselben aufzufinden, und man muss sich daher damit begnügen, die Bedingungen zu prüfen, welche bei der Herzbewegung in Betracht

---

1) E. H. Weber nahm an, dass die Druckverminderung in den Venen so gross sei, als die Druckvermehrung in den Arterien, dass also der mittlere Druck durch die Herzthätigkeit nicht verändert werde. Vgl. dagegen Donders, Nederl. Lanc. III, Ser. 3, p. 327. — Fick, Med. Phys., p. 134.

Digitized by Google

kommen. Zu dem Behufe vergleichen wir dieselbe mit andern Bewegungen des Körpers.

Bei letzteren lassen sich drei zu ihrem Bestehen wesentliche Erfordernisse nachweisen, nämlich 1) die Integrität der Muskelsubstanz selbst, 2) der Zufluss von Blut, resp. Sauerstoff, 3) die Anregung durch die Nerven. Die beiden ersten sind von selbst verständlich; der eingehende Beweis wird in der Lehre von der Muskelbewegung (Buch III) gegeben. Hingegen muss angedeutet werden, wie die Nervenerregung zu verstehen ist. Unter normalen Verhältnissen bleiben die meisten Muskeln so lange ruhig, bis eine molekulare Bewegung in den Nerven hervorgebracht worden ist, in deren Folge wieder eine Contraction der Muskelfasern entsteht. Eine solche molekulare Bewegung in den Nerven lässt sich beispielsweise durch Erwärmen, Bestreichen mit Alkalien, mit Salzen, durch Galvanisiren, kurz durch alle Mittel erreichen, welche man Reizmittel der Nerven nennt. Im gesunden Zustande kommt eine directe Erregung der Nerven selbst nicht vor, sondern sie geht zunächst von den Zellen aus, mit denen die Nerven zusammenhängen, von den Ganglienzellen, welche einen wesentlichen Bestandtheil des Gehirns und Rückenmarks ausmachen. Diese werden wieder angeregt, z. B. bei willkürlichen Bewegungen, durch psychische Einflüsse, durch Sinneseindrücke, und veranlassen eine molekulare Bewegung in den Nerven der dem Willen unterworfenen Muskeln. In der Nervenphysiologie werden näher die Wege bezeichnet, auf welchen die Erregung weiter schreitet. Am Sichersten kennen wir dieselben noch bei den willkürlichen Bewegungen, bei andern sind sie minder klar, so z. B. bei den Athembewegungen. Nichts desto weniger wissen wir, dass auch die Athemnerven zuletzt ihre Fähigkeit, die Respirationsmuskeln anzuregen, den Ganglienzellen des verlängerten Marks verdanken. Denn sonst ist es unerklärlich, dass sie, von demselben getrennt, sogleich in eine dauernde Ruhe versinken. — Mit einem Worte, für die meisten Bewegungen des Körpers ist der Zusammenhang mit den grossen Nervencentris (Gehirn und Rückenmark, oder einem von beiden) unerlässliche Bedingung. Mit dem Herzen hat es eine andere Bewandtniss. Getrennt von jeglicher Verbindung mit Gehirn und Rückenmark, ja sogar ausgeschnitten aus dem Körper, schlägt es eine Zeit lang fort, gewissermassen spontan, dabei in regelmässigem Rhythmus und Typus (s. p. 269).

Man kann bei den meisten Körperbewegungen die natürliche Anregung der Nerven und deren Einwirkung auf Muskeln künstlich ersetzen, wenn man anstatt des Reizes, welcher auf irgend einem — bekannten oder unbekannten — Wege im Gehirne oder Rückenmarke sich bildet, einen künstlichen anwendet. So kann man bei-

Digitized by Google

spielsweise durch Galvanisirung der betreffenden Nerven den Arm in die Höhe heben, ohne dass der Reiz des Willens dabei in Betracht kommt. Wir können bei einem enthaupteten Menschen kurz nach der Execution in dem Rumpfe, mit dem das verlängerte Mark nicht mehr in Verbindung steht, dennoch eine vollständige Inspirationsbewegung erzielen, wenn wir die Nerven reizen u. s. w.

Wir haben zu untersuchen, in wiefern die Bedingungen, welche bei Bewegungen der meisten Körpermuskeln nothwendig sind, auch bei der des Herzens erfordert werden, und welche Modificationen derselben bekannt sind.

a) Integrität der Herzmuskeln.

657. a) Integrität der Herzmuskeln. Von diesem Standpunkte aus wird die grössere oder geringere Leistungsfähigkeit der Herzmuskeln abhängen von der Anzahl der Fasern, von der Länge derselben, von dem normalen Inhalte derselben. Die nähere Erörterung gehört der Pathologie an.

b) Einfluss des Blutes auf die Herzbewegung.

658. b) Der Blutzufluss hat jedenfalls zwei Einwirkungen auf das Herz, nämlich insofern durch denselben dem Herzen Sauerstoff und dann nährende Substanz zugeführt wird. Über den Einfluss von O auf die Herzbewegung ist oben (p. 274) schon die Rede gewesen. Es kann vorkommen, dass der Zufluss von O zum Herzen vermehrt und der von nährender Substanz vermindert ist. So z. B. wird nach Blutentziehungen das Blut wasserreicher und daher ärmer an fester Substanz, aber gleichzeitig ist die Respiration häufiger, und deshalb eine vermehrte Zufuhr von O zum Herzen wahrscheinlich; hierbei ist die Pulsfrequenz vermehrt, s. oben p. 275 u. 311. Bei Gehirndruck ist die Respiration seltener, s. p. 97. Dabei kann die nährende Substanz im Blute dieselbe geblieben sein und dennoch wird die Pulsfrequenz seltener. — Man wird also, wie schon oben erörtert worden ist, der Berührung des Herzens resp. seiner innern Fläche mit Sauerstoff einen grossen Werth beilegen, oder was dasselbe ist, der Berührung mit Blutkörperchen, welche eine chemische Verbindung des O enthalten. — Man hat zahlreiche Beobachtungen über den erregenden Einfluss von Blut auf die Herzbewegung gemacht, s. §. 569. Es lässt sich jedoch noch nicht mit Sicherheit behaupten, dass es der Sauerstoff und er allein sei, welchem diese Erregung zuzuschreiben ist.

Die Wirkung des Blutes auf das Herz kann in verschiedener Weise aufgefasst werden. Man kann nämlich erstens sich denken, dass das Blut ein Reiz für die Herznerven ist. Wird nun ein Abschnitt des Herzens mit Blut gefüllt, so zieht er sich zusammen, entleert das Blut, bleibt dann ruhig, bis wieder von Neuem sein natürlicher Reiz es erregt. So liesse sich die hinter einander folgende Contraction von Atrien und Ventrikel erklären. Vgl. §. 569, p. 274.

Digitized by Google

Man weiss jedoch nicht, dass Blut mit andern Muskeln oder mit den Nerven des Herzens in Berührung gebracht, Bewegung hervorruft. [1])

Man kann zweitens annehmen, dass die Muskeln des Herzens ihre Zusammenziehungsfähigkeit verlieren, wenn sie nicht von Blut, und insbesondere von Sauerstoff bespült werden. Dafür spricht die Analogie, indem nach Absperrung des Blutes die Muskelcontractilität überall zu Grunde geht.

659. c) Den Einfluss der Nerven auf die Bewegung des Herzens zeigen folgende Beobachtungen und Versuche: c) Einfluss der Nerven auf das Herz.

660. α) Gemüthsaffecte der verschiedensten Art können den Herzschlag beschleunigen, zuweilen auch Unterbrechungen desselben [2]) hervorbringen. α) Gemüthsbewegungen.

661. β) In einem merkwürdigen Falle, in welchem bei einem Menschen die medulla oblongata zur Seite gedrängt, der n. cardiacus magnus und vagus linkerseits mit schwarzen Knoten umhüllt waren, zeigten sich während des Lebens Intermissionen von 4—6 Herzschlägen hinter einander, bei völliger Sprach- und Bewegungsunfähigkeit des Körpers, aber Integrität des Bewusstseins (Heine). [3]) β) Druck auf die n. vagi.

662. γ) Bei starker Erschütterung des verlängerten und Rückenmarks entsteht Stillstand des Herzens. Legallois [4]) beobachtete, dass bei jungen Kaninchen das Abschneiden des Kopfes die Herzbewegung nicht unterbrach, wenn er die künstliche Respiration unterhielt (d. h. Luft in die Lungen mit einem Blasebalg einblies und wieder entleerte); wenn er hingegen das Rückenmark, besonders aber das Halsmark, plötzlich mit einem Stilet zerstörte, so hörte augenblicklich der Herzschlag auf. — Ich habe dasselbe Phänomen auch bei Fröschen öfters beobachtet, denen ich vom verlängerten Marke aus rasch das Rückenmark zerstörte. — Indess bleibt in allen Fällen γ) Erschütterung.

---

1) Budge in Wagner's Handwörterbuch III a, 441.

2) Momentaner Stillstand des Herzens, also Intermission des Pulses, ist ein bei scheinbar gesunden Menschen viel häufiger vorkommendes Phänomen, als man gemeinhin glaubt. Ich kenne Personen, welche nach einigermassen anstrengenden Bewegungen, nach dem Genusse mancher Speisen, nach Gemüthsaffecten an Intermissionen des Herzschlages leiden. Oft wiederholen sich dieselben nur selten und nach langen Zwischenräumen, oft aber sehr häufig. Sehr gewöhnlich ist ein eigenthümliches Gefühl damit verbunden, als ob ein starker Stoss gegen die Brust andränge. Während dieser starke Stoss gefühlt wird, bemerken aufmerksame Menschen einen leichten Schwindel und gleichzeitig fühlt man an der Arterie keinen Puls. — In wie weit jenes Gefühl objective Unterlagen hat, darüber besitze ich keine Beobachtungen.

3) Heine in Müller's Archiv 1841, p. 234.

4) Legallois, Expér. sur le principe de la vie. Paris 1812, p. 152.

Digitized by Google

der Herzschlag nicht völlig aus (wie Legallois glaubte), sondern beginnt nach einiger Zeit wieder von Neuem (Wilson Philip).[1]) — Aber auch Erschütterungen anderer Körpertheile, wenn dieselben stark genug sind, um das Herz zu erreichen, bringen momentanen Stillstand hervor. Dies ist besonders auffallend, wenn man einen Frosch auf einen harten Gegenstand aufschlägt, wodurch an allen Rumpfmuskeln heftige Convulsionen oder Tetanus, hingegen in den Herzbewegungen ein Stillstand entsteht, welcher mehr oder weniger lang anhält.

δ) Reizung der n. vagi durch den inducirten Strom.

663. δ) Die Gebr. Weber und ich haben fast gleichzeitig gefunden, dass die Einwirkung des galvanischen Stromes auf das verlängerte Mark oder auch auf die n. vagi den Herzschlag momentan aufhebt. Ich habe ferner beobachtet, dass man die Wirkung erreicht, wenn in dieser Weise nur der n. vagus einer Seite behandelt wird.[2])

---

1) Wilson Philip in Exper. inqu. into the laws of the vital funct. Lond. 1818, p. 56. Übers. Stuttg. 1822.

2) Da diese Entdeckung von vielen deutschen Physiologen mir abgesprochen, und E. Weber allein zugesprochen wird, so wird es nicht unnütz sein, den Thatbestand in Kurzem anzugeben. Seit dem Jahre 1840 hatte ich mich mit Erforschung des Einflusses des Nervensystems auf das Herz beschäftigt. 1841 erschien das erste, im folgenden Jahre das zweite Heft meiner Untersuchungen über das Nervensystem, in denen ich ausführlich darzuthun suchte, dass die medulla oblongata auf die Herzbewegung einwirkt (s. u.). Im Jahre 1845 wurde ich zunächst durch Dr. Hittorf und den noch in Köln lebenden Mechanikus Fessel zur Anwendung des Rotationsapparats geführt und gebrauchte denselben zur Reizung der Herznerven. Schon im Sommer 1845 zeigte ich den Versuch den Studirenden in Bonn, im Wintersemester den meisten Professoren der medicinischen Fakultät daselbst. Im J. 1846 machte ich den Versuch an mehren Orten bekannt und theilte ihn brieflich dem Prof. Joh. Müller in Berlin mit. Keinem von allen den vielen Physiologen, denen ich denselben zeigte, war im Entferntesten bekannt, dass ein Anderer den Versuch angestellt hatte. Indessen hatten gerade, als in Bonn das Experiment schon Viele von mir gesehen hatten, in einer Naturforscherversammlung in Neapel, die Gebr. Weber denselben Versuch bekannt gemacht, welcher in dem italienischen, sehr wenig in Deutschland verbreiteten Journale, Annali di medicina, publicirt wurde. Eine Veröffentlichung in Deutschland ist von Seiten E. Webers viel später, als von mir geschehen. Ich habe mich über diese Ungerechtigkeit mancher deutscher Physiologen an verschiedenen Orten ausgesprochen, z. B. Archiv für Anat. 1860, p. 257. — Nie ist es anders in solchen wissenschaftlichen Untersuchungen gehalten worden, als dass zweien Beobachtern, welche ungefähr gleichzeitig unabhängig von einander eine und dieselbe Sache mit demselben Resultate bearbeiteten, das Recht des Eigenthums auch gemeinschaftlich anerkannt und Keinem die Ehre der Priorität aus Parteilichkeit verkümmert wurde. Die englischen und französischen Forscher sprechen sich auch nur in diesem Sinne aus, nicht so meine Landsleute. Ein vollständig vorurtheilsfreier, gewiss unparteiischer Physiolog, der vortreffliche Milne Edwards, widmet diesem Gegenstande eine ausführlichere Deduction,

Digitized by Google

In folgender leichten Weise kann der Versuch angestellt werden: Man durchschneide einem Frosche das verlängerte Mark und zerstöre es, lege das Thier auf den Rücken, mache einen Kreuzschnitt durch die Bauchhaut, löse den hintern Rand des Brustbeins, und durchschneide beiderseits mit starker Scheere die Schlüsselbeine. Jetzt liegt das Herz in seinem Herzbeutel vor uns. Man öffne den Herzbeutel, um den Aortenbulbus mit seinen Arterien deutlich zu sehen. Vor den grossen Gefässen liegt der Kehlkopf. Präparirt man den Vorderfuss etwas nach Aussen, so erblickt man fast in gleicher Flucht mit dem Kehlkopf zwei beinahe parallel und ziemlich horizontal verlaufende Nerven, von denen der weiter nach Vorn (mehr gegen den Kopf) hinliegende der n. lingualis vom n. vagus oder vielmehr glossopharyngeus, der hintere der n. hypoglossus ist. Es ist nun zweckmässig, den n. hypoglossus zu durchschneiden und möglichst zu entfernen. — Man suche sich sodann die Halsgefässe auf, welche etwas nach Aussen von dem glossopharyngeus liegen und durch ihre rothe Farbe sogleich in die Augen fallen. Neben denselben liegen zwei dünne Nervenfäden, der eine nach Innen und Vorn, der andere nach Aussen und Hinten. Jener ist der n. recurrens, welcher oberhalb des Aortenbogens zum Kehlkopfe geht, dieser der n. intestinalis, von dem der n. cardiacus ein Zweig ist. — Man kann ein zugespitztes Glasstäbchen unter diese Theile (Gefässe, n. recurrens und intestinalis) mit einem Male schieben und auf demselben die fernere Isolation vornehmen und dann den n. recurrens, welcher auf dem Gläschen am Meisten nach Innen liegt, durchschneiden, und die Gefässe unversehrt lassen. Die Lage der Zweige des n. vagus beim Frosche habe ich in Wagner's Handwörterbuch III, und im Archiv für phys. Heilk. VI angegeben.

Der gut isolirte Nerv wird nun mit den Elektroden eines Inductionsapparats berührt. [1]) Man bedient sich dazu am Besten des

---

um die Ungerechtigkeit Derer zu zeigen, welche E. Weber allein diese Beobachtung zutheilen wollen, um sie mir zu entreissen, s. Milne Edwards, Leçons sur la phys. IV, 149. — Wie gross die Parteinahme mancher deutscher Physiologen ist, will ich durch zwei Beispiele anstatt vieler zeigen. Ein solcher Schriftsteller, der zwei Bücher herausgab, von deren einem er einen beschränkten, und dem andern einen ausgedehntern Leserkreis erwartete, theilt dort uns beiden diese Beobachtung zu, hier nur E. Weber. Ein anderer gibt zwar gewissenhaft die ganze übrige Literatur über diesen Gegenstand an, citirt aber nicht eine einzige meiner zahlreichen Arbeiten.

1) In dem folgenden Abschnitte unter: „Elektricität" finden sich nähere Angaben über die Anwendung der elektrischen Reizmittel.

Digitized by Google

von Dubois angegebenen Schlittenapparats, den man allmählig verstärkt, bis das Herz zu schlagen aufhört.

Bei geringerer Stromstärke vermindern sich die Herzschläge, bei stärkerer bleiben sie ganz aus. Fährt man fort zu reizen, so verliert die irritirte Stelle des Nerven ihre Reizbarkeit, sie wirkt nicht mehr, das Herz fängt von selbst wieder an zu schlagen. Bringt man eine höher liegende Stelle in die Kette, so erzielt man auch keinen Erfolg, weil die gereizte Stelle leitungsunfähig geworden ist. Hingegen kann man den Versuch an einer unterhalb der Reizung liegenden Stelle noch wohl anstellen. Nach dem Aufhören der Reizung dauert es mitunter noch eine Weile, ehe die Contractionen wieder beginnen, welche dann zuweilen häufiger werden, in vielen Fällen unverändert bleiben. — In manchen, jedoch seltenen Fällen konnte ich keine Wirkung durch Reizung des n. vagus der einen Seite erzielen, obgleich der der andern vollkommen gut reagirte. — Ich wende jetzt niemals die Reizung beider Nerven an, weil der Versuch dadurch an Reinheit sehr verliert. — Während des Herzstillstandes erregt mechanische, chemische, elektrische Irritation des Herzmuskels eine Contraction, welche mit seltenen Ausnahmen an den Atrien beginnt und zu dem Ventrikel fortschreitet.

Galvanisirt man die Muskelsubstanz des Herzens selbst, so vermehren sich die Schläge sehr bedeutend, und, wenn der Reiz stark genug ist, bis ins Unzählbare. Man muss aber dabei vermeiden, auf den Nervenfaden selbst zu kommen, der im septum atriorum verläuft, weil dann wieder Stillstand entsteht. Sehr leicht geht der elektrische Strom aus der Nachbarschaft auf die Herzmuskeln über, viel weniger auf die Nerven. Wenn man daher die Elektroden in die Nähe des Herzens anlegt, so beschleunigt sich die Pulsation, ebenso wenn man die aorta galvanisirt, wodurch falsche Schlüsse und Angaben entstanden sind.

Bei Säugethieren ist der Versuch noch leichter anzustellen, als bei Fröschen. Zu dem Behufe ätherisire man das Thier, etwa ein Kaninchen, lege den n. vagus einer Seite bloss, isolire ihn vollständig, stecke eine feine Nadel in die Brusthöhle, um den Herzschlag daran bemerken zu können, unterbinde den Nerven, um seine Communication mit dem Centrum, und dadurch seine Einwirkung auf das Athemholen aufzuheben, schiebe unterhalb der Unterbindungsstelle ein nicht zu dünnes Glasstäbchen unter den Nerven und lege die Elektroden an. Rasch steht die Nadel still, oder bewegt sich je nach der Stärke der Reizung langsamer.

Reizung des verlängerten Markes.

664. Will man vom verlängerten Marke aus die Wirkung beobachten, so darf man nur einen Frosch dazu wählen. Ich bediene mich dazu folgender einfachen Vorrichtung. Auf der Unterfläche eines

Digitized by Google

Brettchens läuft ein Kupferdraht, dessen eines Ende das Brettchen durchbohrt und auf seiner Oberfläche mit einer Platinspitze endigt, das andere Ende des Drahtes wird durch eine Klemme mit einer Elektrode eines Inductionsapparates in Verbindung gebracht. — Der Frosch wird so stark ätherisirt, dass das Athmen aufhört, dann zwischen Atlas und Hinterhauptsbein ein Einschnitt gemacht, so dass man das verlängerte Mark vor sich hat. Hierauf wird das Herz blossgelegt, indem man nach einem passenden Hautschnitte das hintere Ende des Brustbeins abschneidet. Nachdem nun die kleine Öffnung am Hinterhaupte auf die Platinspitze gebracht worden ist, setzt man in die Nähe an eine Hautstelle die andere Elektrode an. Der Strom geht durch das verlängerte Mark und das Herz steht still. Man hat bei dieser Methode den Vortheil, dass man reizen und beobachten kann, obgleich das verlängerte Mark vom Rücken aus und das Herz von der Bauchseite aus blossgelegt ist. — Wird durch das ganze Rückenmark der Strom geleitet, so hat dies keinen derartigen Einfluss auf die Herzbewegung. Diese kann allerdings in manchen Fällen vermehrt werden, aber dies rührt nur daher, dass der Strom die Herzmuskeln selbst durch die Wirbelsäule hindurch erreicht. [1])

Nachwirkung der Reizung auf die Intensität.

665. Nachdem der Herzstillstand aufgehört hat, findet man bei Fröschen in der grossen Mehrzahl der Fälle dieselbe Pulszahl, als vorher, wie sowohl Weber als ich selbst vielfach beobachtet haben. Hingegen hat man (Hoffa) beobachtet, dass bei Säugethieren die Frequenz und Intensität zunimmt. Was letztere betrifft, so habe ich hierüber zahlreiche Versuche an Fröschen, mittelst eines eigenen kleinen Apparates angestellt. Dieser ist so eingerichtet, dass das Froschherz einen Fühlhebel in die Höhe hebt, welcher an einer Skala auf- und abgeht. Diese Versuche haben mich zu dem Resultate geführt, dass unmittelbar nach dem Stillstande die Intensität geringer, als vor der Reizung ist, aber dann beträchtlich steigt. Ich füge hier die Resultate einiger Versuche bei.

---

1) Über den Einfluss der Vagusreizung auf das Herz vgl. man: Budge in Archiv für phys. Heilk. 1846, V, 319; in Müller's Archiv 1846, p. 291; in Wagner's Handwörterbuch III, 1, p. 417. — E. Weber in Wagner's Handw. III. 2, p. 31. — Die übrigen Arbeiten haben den von Weber und Budge gemachten Beobachtungen keine wesentlich neue hinzugefügt. — Ludwig und Hoffa in Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift IX, 120. — Schiff, Archiv für phys. Heilk. VIII, 187; IX, 255. — Stannius in Müller's Archiv 1852, p. 85. — Bidder, ebend., p. 163. — Heidenhain, ebend. 1858, p. 479. — Pflüger, ebend. 1859, p. 13. — Einbrodt, ebend., p. 439. — Schiff in Moleschott's Unters. VI, 201. — Czermak und Petrowski, ebend. V, 99. — R. Wagner, Neurol. Unters. — Bernard, leçons 1858, II, 381. — Brown-Séquard, C. r. de la soc. de biol. 1850, II. — Eckhard, Beitr. z. An. u. Phys. II, 147, und Müll. Arch. 1851, p. 205.

Digitized by Google

Zahl der Herzschläge vor der Reizung in 15 Secunden.	Intensität des Herzschlags in Millimetern vor der Reizung.	Dauer der Reizung bis zum Stillstande in Secunden.	Dauer des Stillstandes in Secunden.	Intensität der Herzschläge nach dem Stillstande in Millimetern nach Secunden.
8	1mm	24	Stillstand trat nicht ein.	0,5. 0,5. 1. 2. 2. 3. 3. 3. 3,5. 3,5. 3,5. 3,5. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 5. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 2,5. 2,5.
7	0,5mm	11	7	1. 1. 1. 1. 1. 1. 1,5. 1,5. 1,5. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 2. 2,25. 2,25. 2,25. 2,25. 2,25. 2. 2. 2. 2. 2. 1,75. 1,75. Nach 3 Minuten und 27 Secunden war erst die Intensität wieder 0,5.

Reizung durch andere als elektrische Reize.

666. Anstatt des galvanischen Stromes kann man auch chemische Reize, wie Kochsalz (Eckhardt), oder mechanische, wie anhaltendes Klopfen des Nerven (Heidenhain) anwenden, um dasselbe Resultat zu erreichen.

Reizung bei geschwächter Herzthätigkeit.

667. Wenn hingegen die Reizbarkeit des Herzens und seiner Nerven geringer geworden ist, und wenn die Reize nicht so intensiv und besonders mit geringerer Erschütterung verbunden sind, dann bewirken Erregungen der Herznerven vermehrte Bewegungen. — Fowler,[1]) v. Humboldt,[2]) Burdach,[3]) Arnold,[4]) Longet,[5]) Valentin[6]) u. A. sahen nach Reizung verschiedener n. cardiaci die Herzbewegung nach dem Tode sich vermehren, oder wenn sie schon aufgehört hatte, von Neuem entstehen. Valentin sah nament-

1) Fowler, Exper. on anim. electr. London 1794.
2) v. Humboldt, Gereizte Muskel- und Nervenf. I, 312.
3) Burdach, Phys. IV, 464.
4) Arnold, Phys. II, 349.
5) Longet, Anat. et phys. du syst. nerv. II, 605.
6) Valentin, De funct. nerv., p. 18—62.

Digitized by Google

lich durch Reizung der Wurzeln des n. accessorius, des Stammes vom n. vagus, der obern Halsnerven, des untern Hals- und des obern Brustganglion die Herzbewegung sich vermehren (l. c., p. 62).

Ich [1]) habe zuerst bei Säugethieren beobachtet, dass Reizung des verlängerten Markes und des obersten Halsmarkes bis zum 3. Halswirbel und zwar neben der Mittellinie an dem vordern Strange die Bewegung des Herzens beträchtlich vermehrte. Fernere Beobachtungen haben gezeigt, dass wenn der Herzschlag bei Fröschen bedeutend verlangsamt ist, dann Reizung des verlängerten Markes und des n. vagus denselben vermehrt. Zur Erreichung des Zweckes habe ich das von Brodie [2]) empfohlene Quecksilberchlorid angewandt, welches in kurzer Zeit die Zahl der Herzpulse bei Fröschen beträchtlich vermindert (auf 3, selbst 1 in der Minute). Wurden bei einem so geschwächten Herzen die genannten Nerventheile mit drei galvanischen Plattenpaaren gereizt, so vermehrte sich der Puls in der Minute um 8 Schläge und mehr. — Diese Versuche wurden neuerlich mit dem Inductionsapparate mit gleichem Erfolge im hiesigen physiologischen Institute von Joseph wiederholt.

Schelske und Wundt haben Froschherzen durch Anwendung hoher und niederer Temperatur zum Stillstande gebracht und beobachtet, dass die Reizung der n. vagi mit dem constanten Strome jedesmal eine Herzbewegung zur Folge hatte, und durch den Inductionsstrom eine anhaltende Contraction zeigte, in der sich eine wogende Bewegung kund gab. Brachte man sodann das Herz in die gewöhnliche Temperatur, so entstand durch Vagusreizung wieder Stillstand. Bei Fröschen, welche durch Curare vergiftet waren, bewirkte Reizung des n. vagus eine Beschleunigung des Herzschlages, die mit dem Wachsen der Reizung zunahm.

So hatte ich [3]) auch schon vor längerer Zeit mit Waller und Fisher beobachtet, dass Reizung des untern Endes eines durchgeschnittenen n. vagus bei einem Hunde nicht Stillstand, sondern Vermehrung der Herzschläge veranlasste.

Alle diese Beobachtungen scheinen darauf zu deuten, dass die Erregbarkeit des Herzens etwas abgestumpft sein muss, wenn Reize seine Schläge vermehren sollen.

668. Unter günstigen Umständen bringen jedoch auch schwache Reizungen, ohne dass die Nerven vorher abgestumpft sind, vermehrte Herzbewegungen hervor. Schiff [4]) fand bei einer geringern Reizung

Schwächere Reize vermehren die Herzbewegung.

1) Budge, Unters. über das Nervens. Frankf. 1840, I, 133; II, 1 fg.
2) Brodie in Philos. Transact. 1812.
3) Budge in Froriep's Tagesberichten 1852, p. 315.
4) Schiff in Froriep's Tagesber. 1852, p. 145, u. Moleschott's Unters. z. Naturl. 1859, VI, 201.

Digitized by

durch den inducirten Strom vor dem Stillstande Zunahme der Pulsschläge eintreten. — Auch Eckhard, Heidenhain und Einbrodt[1]) beobachteten Vermehrung der Herzschläge, wenn sie den n. vagus mit einer constanten Kette reizten; — erst bei wachsender Stromintensität erfolgt der Stillstand. — Ich selbst habe zahlreiche Versuche über den Einfluss des constanten Stromes auf die Herzbewegung angestellt. Hinsichtlich der Stromstärke, welche man anwenden muss, um den Stillstand hervorzurufen, ist auf die Erregbarkeit des Frosches ein besonderes Gewicht zu legen. Es sind mir Frösche vorgekommen, bei welchen der Stillstand schon erzielt wurde durch ein einziges kleines Daniell'sches Element, während bei andern 10 noch nicht ausreichten. Man muss, um rasche Wirkung zu haben, sehr häufig die Kette öffnen und schliessen, und sie nicht geschlossen halten.

Folgerungen.

669. Wenn man nun vorurtheilsfrei die erwähnten Beobachtungen betrachtet, so ergibt sich, dass durch leichte Reizung des n. vagus diejenige bewegende Kraft, welche der Herzcontraction zu Grunde liegt, vermehrt, durch starke Reizung vermindert und aufgehoben wird. In der Nervenphysiologie werden analoge Fälle von andern Nerven mitgetheilt werden. — Es ist bemerkenswerth, dass es sehr schwer hält, wenn man gleichzeitig Herz und n. vagus galvanisirt, ein Aufhören der Herzbewegung hervorzubringen.

Die sogenannte hemmende Wirkung des n. vagus.

670. In der neuern Zeit hat man den Herzzweigen des n. vagus eine eigenthümliche Wirkung zugeschrieben, welche darin bestehen soll, die Bewegung aufzuheben und hat diesen Nerven deshalb einen Hemmungsnerven genannt. Der n. vagus sollte die andern Muskeln, in denen er sich verbreite, zur Bewegung anregen, hingegen am Herzen gerade die umgekehrte Wirkung üben. Ludwig behauptet sogar, jeder Beobachtung entgegen, Reizung des n. vagus verlängere die Herzfasern. Da nun aber, wie oben gezeigt worden ist, der n. vagus die Herzbewegung unter Umständen auch vermehren kann, so kann man eine solche Annahme nicht gelten lassen, obwohl man zugeben muss, dass das Verhalten des n. vagus zum Herzen ein anderes ist, als das der Rumpfnerven zu den von ihnen versorgten Muskeln.

Man hat zu der Unterstützung dieser Hypothese zwei Beobachtungen angeführt. Die Herzbewegung nimmt nämlich nach Durchschneidung der n. vagi zu, eine Erscheinung, welche mit grossem Nachdruck von den Anhängern jener Theorie hervorgehoben wurde, indem sie gewissermassen ein controlirendes Gegenstück zur Puls-

1) Einbrodt in Moleschott's Unters. zur Naturl. 1859, VI, 550.

Digitized by Goo

abnahme in Folge von Reizung abgab. Diese Beweisführung ist jedoch nicht correct, weil erstens bei Fröschen, bei welchen der Stillstand so prompt und lange sich durch Reizung der vagi herbeiführen lässt, keine Vermehrung sich zeigt (Moreau), [1]) weil man zweitens auffallender Weise nicht beachtet hat, in wie weit die nach Durchschneidung der vagi eintretende Respirationsstörung, [2]) namentlich die im Blute in grösserer Menge angesammelte CO^2 den Herzschlag vermehren kann. Ludwig und Hoffa, obwohl sie der Hemmungstheorie zugethan sind, halten selbst die CO^2 für ein Reizmittel der Herzthätigkeit. — Ausser diesem Beweise für die Hemmungstheorie wurde noch eine zweite Theorie zu Hülfe gerufen, dass nämlich der vagus die Herzbewegung hemme, und der n. sympathicus sie anrege. Die Basis dieser Behauptung war die, dass Reizung an dem bulbus aortae des Frosches den Herzschlag vermehre. Ich habe aber nachgewiesen, dass an dieser Stelle gar kein Nervenzweig liegt und dass die Elektricität nur durch das Blut zu den Herzmuskeln geleitet wird. — So steht es mit den Beweisen der Lehre von den Hemmungsnerven des Herzens, welcher heut zu Tage so viele Physiologen zugethan sind.

671. ε) Nach Reizung verschiedener Stellen des n. sympathicus hat man Vermehrung der Herzschläge beobachtet. Die Resultate, welche Valentin fand, sind oben schon erwähnt. — Vom Halstheile des n. sympathicus aus und zwar durch Reizung mit Kali causticum, sahen Burdach u. A. Vermehrung entstehen; Valentin, Henle und Bernard nach Reizung des ersten Brustganglion. Vom Halssympathicus ist es mir ebenso wenig als Weinmann gelungen, durch galvanische Reizung auf das Herz von Säugethieren zu wirken. In einem Versuche an einem Kaninchen sah ich hingegen gleichfalls durch Reizung des ersten Brustganglion den Herzpuls sich vermehren. Obwohl ich öfters den Versuch wiederholte, so ist es mir später nicht geglückt, in der überzeugenden Weise wie damals dieselbe Beobachtung zu machen. — Viel häufiger hingegen gelingt es bei Fröschen, wie ich [3]) beobachtete und Donders [4]) bestätigt hat, den Herzschlag zu vermehren, wenn man einige Stunden nach völliger

ε) Einfluss der Reizung des n. sympathicus auf das Herz.

1) cf. Bernard, leçons sur la phys. du syst. nerv. II, 394.

2) Bei Fröschen findet solche Respirationsstörung wenigstens bei Weitem nicht in dem Grade, wie bei warmblütigen Thieren statt, Frösche können den Einfluss des verlangsamten, selbst zeitweise aufgehobenen Lungenathmens lange ertragen, bei Fröschen vermehrt die Durchschneidung der vagi nicht die Pulsfrequenz.

3) Budge in Froriep's Tagesber. 1852, No. 441.

4) Donders, Phys., p. 55.

Digitized by Google

Zerstörung der medulla oblongata die letzten rami communicantes des n. sympathicus reizt, welche etwa mit dem 9. und 8. Rückenmarksnerven zusammenhängen. — Vom hintern Rückenmarke selbst habe ich ähnliche Resultate gesehen.

ζ) Einfluss der Zerstörung des verlängerten Markes.

672. ζ) Wie oben gezeigt worden ist, dass Reizung des verlängerten Markes die Herzschläge vermehren kann, so lässt sich auch beweisen, dass Wegnahme des verlängerten Markes auch dann noch auf das Herz deprimirend wirkt, wenn es keinen Einfluss auf das Athmen hat. Ich [1]) habe nämlich gefunden, dass bei Fröschen, welche durch Strychnin vergiftet sind und in Folge dieser Vergiftung aufgehört haben zu athmen, der Herzschlag sich nach Wegnahme des verlängerten Markes rasch verlangsamt. So z. B. schlug das Herz eines vergifteten Frosches ¼ Stunde nach der Vergiftung 40 Mal in der Minute, nach 5 Stunden immer noch 40 Mal; dann wurde die medulla oblongata exstirpirt; eine Stunde später zählte ich nur 28 Pulse. — Ferner beobachtete ich, dass bei Fröschen das Athemholen noch fortbestehen kann, wenn nur der vorderste Theil des verlängerten Markes unversehrt bleibt. Exstirpirt man den hintern Theil und den daran stossenden vordersten Rückenmarkstheil, so bemerkt man nach 1½ bis 2 Stunden eine beträchtliche Abnahme der Herzschläge, obwohl das Athmen noch fortdauert. So fielen z. B. in 10 Versuchen dieselben

von: 37. 35. 30. 30. 42. 39. 37. 38. 32. 40
auf: 22. 29. 29. 15. 22. 19. 28. 29. 16. 20.

Später steigt die Zahl wieder. [2])

673. Aus allen den oben α—ζ mitgetheilten Beobachtungen lässt sich entnehmen, dass die Herzbewegung durch die n. vagi und verschiedene Theile der n. sympathici Anregungen zu ihrer Thätigkeit erhält; oder mit andern Worten, dass geringe Reizungen dieser Nerven die Kraft, von welcher die Herzbewegung abhängt, unter gewissen, noch nicht vollständig aufgeklärten Verhältnissen verstärken, hingegen dass durch intensive Reizungen der n. vagi, sowie durch jegliche Erschütterungen diese Kraft nicht zur Erscheinung kommen kann, sondern unterdrückt wird. Hingegen dürfen wir nicht in den bezeichneten Ganglien und ihren im Gehirn und Rückenmarke liegenden Nervenzellen auf eine ähnliche Weise die Anregung zur Herzbewegung sehen, wie wir im verlängerten Marke die Nervenquelle des Athmens suchen. Der Beweis dieser Behauptung liegt darin, dass das ausgeschnittene, von allen diesen Nerven abgetrennte Herz

1) Budge in Wagner's Handwörterbuch IIIa, 444.
2) Budge in Archiv für phys. Heilk. 1846, V, 566.

Digitized by Google

dennoch fortschlägt. Die Veranlassung zur Herzbewegung muss daher im Herzen selbst liegen. Jedoch ist dieselbe bis jetzt noch nicht entdeckt.

Die Ganglien als Quellen der Herzbewegung.

674. Man hat diejenigen Ganglien [1]) für die Quellen der bewegenden Kraft angesehen, welche in der Muskulatur des Herzens selbst ihren Sitz haben und ihnen eine analoge Stellung angewiesen, wie z. B. den Ganglien des verlängerten Markes, welche die Athemnerven anregen. Denn von den ausserhalb des Herzens, wenn auch noch so nahe an demselben liegenden, wie denen des plexus cardiacus kann aus obigen Gründen keine Rede sein. [2]) Da man nun nicht im Stande ist, die kleinen Herzganglien isolirt zu exstirpiren, also den experimentellen Beweis zu führen, so muss man sich theoretischer Beweismittel bedienen, um diese Ansicht zu rechtfertigen, oder zu widerlegen.

Mehre Gründe sprechen hingegen wider die Annahme dieser Theorie. 1) Es ist erwiesen, dass nicht alle Ganglien dieselbe Function haben. Man kann daher von den Herzganglien nicht ohne Weiteres schliessen, dass sie sich wie die Ganglien des verlängerten Markes verhalten. 2) An den Theilen des Herzens, an welchen bis jetzt weder Nerven, noch Ganglien entdeckt worden sind, hat man Gelegenheit, in manchen Fällen ganz sicher spontane Bewegungen eintreten zu sehen, was Hoffa beobachtete und ich bestätigen kann. 3) Es bewegen sich Organe rhythmisch, typisch und selbstständig, welche, soweit die Untersuchung bis jetzt lehrte, gar keine Ganglien haben, so die Lymphherzen der Frösche. [3]) 4) Spontane Bewegungen in Organen, deren Nerven Ganglien haben, hören auf, wenn auch die Ganglien noch mit ihnen in Verbindung bleiben, so z. B. die der Iris. 5) Wenn man innerhalb des (Frosch-)Herzens selbst die Elektroden auf die Nervenfäden und dadurch zugleich auf die Ganglien setzt, so bewirkt man nicht etwa eine Vermehrung der Herzschläge, sondern Stillstand derselben. — Hingegen scheint allerdings an

---

1) Ganglien im Herzen selbst wurden zuerst von Remak, s. Müller's Archiv 1844, p. 463, entdeckt, vgl. auch Lee in Philos. Transact. 1849, p. 43. — Todd und Bowman, Physiol. anat. II, 342. — Bidder in Müll. Arch. 1852, p. 163.

2) Die Beobachtung Brachet's (rech. exp. sur les fonct. du syst. nerv. ganglion. Paris 1830, p. 163), dass der Herzschlag plötzlich aufhörte, als er bei einem Hunde den plexus cardiacus zerstört hatte, ist zwar insofern richtig, als nach einer solchen Nervenerschütterung ein Stillstand erfolgen kann, aber derselbe ist vorübergehend.

3) Rhythmische Bewegungen abgeschnittener Intercostalmuskeln wurden zuerst von mir (Unters. über das Nervens. II, 33) bei einer Katze, von Henle (Zeitschr. II, 302) an einem Enthaupteten, von Schiff (Arch. für phys. Heilk. IX, 25) an einer Katze beobachtet.

Digitized by Google

Stellen des Herzens, an welchen Ganglien und natürlich auch Nerven liegen, die Bewegung länger anzuhalten. Indess muss ich hierbei noch an eine andere Beobachtung erinnern. Nach dem Tode zittern oft ohne sichtliche Ursache verschiedene Muskeln eine Zeit lang. Ich habe gesehen, dass an den Stellen, an welchen reichlichere Nervenverbreitung statthndet, auch das Zucken stärker und anhaltender war.

Es scheint hiernach die Vorsicht, welche man in wissenschaftlichen Untersuchungen anzuwenden hat, zu gebieten, die Ganglientheorie vor der Hand noch nicht als eine auf sicherer Basis beruhende zu betrachten, vielmehr als eine Hypothese, welche noch sehr des exacten Beweises bedarf. Noch misstrauischer müssen wir gegen die Annahme sein, welcher sich einzelne Physiologen hingegeben haben, dass zwischen den Herzganglien sogar reflectorische Beziehungen statthnden, wie zwischen den Centraltheilen für Gefühl und Bewegung, oder gar, dass ein Ganglienhaufen im Herzen bestimmt sei, die Bewegung anzuregen, und ein anderer, die Reflexe zu beherrschen.

675. Wir geben im Folgenden noch einige Versuche, deren Deutung noch nicht klar ist.

a) Wird die Herzspitze abgeschnitten, so erfolgt zuweilen, jedoch selten, noch eine Contraction der Spitze, manchmal folgen sogar noch einige. Dies ist meistens eine Folge des Reizes, der durch die Schnittwunde gemacht wurde; daher kann sie je nach der Reizbarkeit des Frosches eintreten oder ausbleiben. Gewöhnlich schlägt die Spitze nicht mehr selbstständig. Wird sie aber gereizt, so contrahirt sie sich nach jeder Reizung und zwar ganz regel- und zweckmässig. Jedoch kann auch der Spitzentheil des Herzens ohne Reizung in seltenen Fällen noch eine Zeit lang pulsiren. — b) Wird der Ventrikel ein wenig unterhalb der Querfurche (zwischen Atrien und Ventrikel) quer durchgeschnitten, so ist die Erscheinung zwar wesentlich dieselbe, wie oben (a) angegeben. Hingegen kommt ein selbstständiges, längeres Schlagen häufiger vor, als an der Spitze selbst. — Trennt man Atrien und Ventrikel gerade in der Querfurche, so pulsirt die Kammer immer eine Zeit lang selbstständig und energisch fort; jedoch nicht so häufig, als die Vorkammer. Wenn man, anstatt zu durchschneiden, unterbindet (Stannius), so ist der Erfolg derselbe. — d) Schneidet man die Atrien quer an der Stelle durch, wo aus dem bulbus aortae die Arterien hervorgehen, so schlägt das getrennte untere Stück, welches einen grossen Theil der Vorkammern und den Ventrikel enthält, selbstständig und energisch eine kürzere oder längere Zeit fort, oft jedoch nicht so lange, als wenn die Kammer allein wie in c) abgeschnitten wurde. Unterbindet man (Stannius) die Atrien an derselben Stelle, so folgen nach der Unterbindung häufigere Schläge und nach kürzerer oder längerer Zeit hört

Digitized by Google

der abgeschnürte Theil (Atrien und Ventrikel) auf, sich zu bewegen. Wird dann ein Faden um die Querfurche geschnürt, so pulsirt eine Zeit lang der Ventrikel weiter (Stannius), was eine Folge des Reizes ist. Der zwischen zwei Fäden eingeschnürte, prall mit Blut gefüllte Vorhofstheil ist aber ganz reizlos. Der sinus des Froschherzens und die Venenanfänge schlagen ungestört fort. — e) Die Nerven, welche zum Ventrikel des Frosches gehen, kommen von der Scheidewand der Vorhöfe und treten an der sehr unvollständigen Scheidewand des Ventrikels an der Atrioventrikularklappe ein. Diese Stelle ist besonders durch ihre Reizbarkeit ausgezeichnet. Trennt man den Ventrikel von den Atrien so, dass diese Stelle noch unversehrt ist, indem man rechts und links die Querfurche einschneidet, so bleibt die Pulsation, wie vorher; durchschneidet man hingegen diese Stelle und lässt die Seitentheile unversehrt, so hört die Pulsation in der grossen Mehrzahl der Fälle auf.

Wird das Herz, welches eben aufgehört hat zu schlagen, mechanisch, galvanisch oder durch erhöhte Wärme gereizt, gleichviel an welcher Stelle, so beginnt es wieder zu schlagen, indem in der Regel zuerst die Vorhöfe, dann die Ventrikel sich contrahiren. Hingegen kommt es auch vor, dass zuerst die Kammern wieder zu schlagen beginnen. [1]) — Weshalb indess gewöhnlich die Vorhöfe zuerst sich contrahiren, ist noch nicht aufgeklärt.

2) Elasticität der Arterien.

Elasticität der Arterien als bewegende Kraft.

676. Die Elasticität der Arterien bewirkt, dass selbst zu der Zeit, in welcher das Herz sich nicht contrahirt, dennoch das Blut fliesst; so dass ein continuirlicher Strom vorhanden ist, obwohl das Herz in Intervallen Blut in die Arterien ergiesst, s. §. 585, p. 283.

Nachdem in der systole ventriculorum die elastischen Arterienwände ausgedehnt worden sind, suchen sie, wenn diese bewegende Kraft zu wirken aufgehört hat, während der diastole vermöge ihrer Elasticität wieder ihren frühern Durchmesser einzunehmen, sie verengern sich und dadurch wird ein Druck auf das Blut ausgeübt, welches, da der Rückweg durch die Semilunarklappen abgesperrt ist, gegen die Vorhöfe sich weiter bewegen muss.

Wenn wir in unserm Apparate Fig. 84 anstatt der Gummiröhren *a* und *v* Glasröhren einschalten, und den Gummibeutel in Inter-

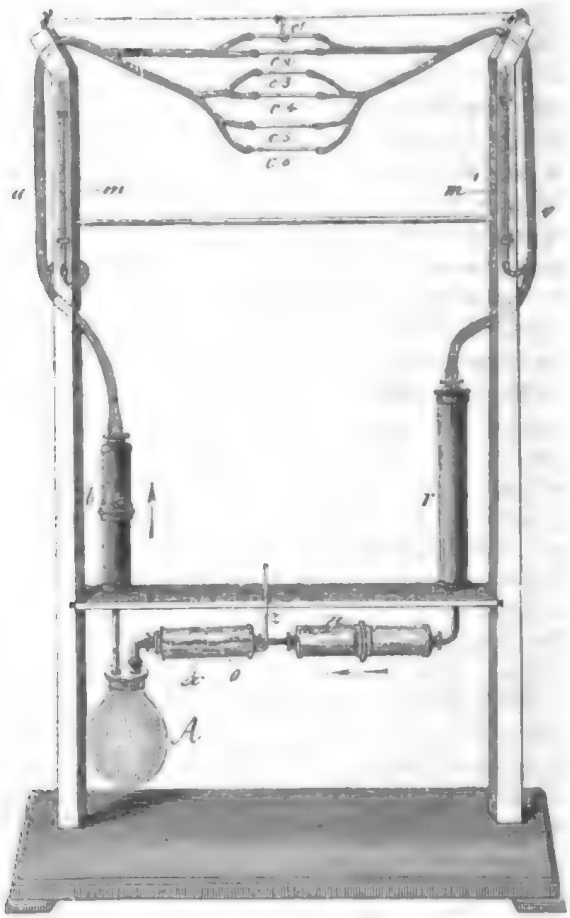
---

1) Vgl. Schiff in Archiv für physiologische Heilkunde IX, B. VIII und IX. — Bidder in Müller's Archiv 1852, p. 168. — Ludwig und Hoffa in Zeitschr. für rat. Med. IX.

Digitized by Google

vallen zusammendrücken, so sieht man nicht mehr ein continuirliches Fliessen, wie es erscheint, wenn die Gummiröhren eingesetzt sind,

Figur 84.



Apparat zur Veranschaulichung der Blutcirkulation.

sondern bei jeder Contraction fliesst Wasser aus und dann folgt eine Pause.

Ursache des continuirlichen Blutstromes trotz der Intermission der Herzschläge.

677. Das continuirliche Fliessen rührt also augenscheinlich von den elastischen Röhren her. Es werden mancherlei Apparate zu mechanischen Zwecken angewendet, bei welchen ein continuirliches Fliessen hervorgebracht wird, obgleich die Bewegung eine unterbrochene ist, wie schon Hales,[1]) Hunter[2]) und in neuerer Zeit

1) Hales, Hämostatik. Statik des Geblütes. Halle 1718.
2) Hunter, Works. Palm. ed. III.

Digitized by Google

E. H. Weber [1]) dargethan haben. Dies ist z. B. in den Feuerspritzen der Fall, in welchen die vorher comprimirte Luft sich wieder ausdehnt und dadurch in der Zeit, in welcher nicht gepumpt wird, das Wasser austreibt; ebenso in den Handspritzen, welche man zum Begiessen in Gärten benutzt, bei welchen der elastische ausgedehnte Schlauch zur Zeit, wo der Kolben nicht eingestossen wird, sich wieder vermöge seiner Elasticität verengt. Es versteht sich von selbst, dass wenn man anstatt eines periodischen Druckes, einen continuirlichen, gleichbleibenden anwendet, der Ausfluss sowohl in Glasröhren als in elastischen ebenso beständig ist. Man kann dies leicht bewirken, wenn man *k* des Apparates abschraubt, die Röhre *r* vollständig bis oben hin füllt, damit keine Luft das Fliessen behindert, dann dieselbe durch einen gleichfalls bis vorn hin gefüllten Gummischlauch mit einer Wassersäule in Verbindung setzt, welche wo möglich aus einem grossen Reservoir gespeist wird, damit der Druck nahezu derselbe bleibt. Es findet dann keine Wellenbewegung Statt, und der Puls kann nicht gefühlt werden.

Weshalb in den kleinern Arterien kein Puls gefühlt wird.

678. Das Blut, welches während der diastole noch im Fliessen begriffen ist, war während der systole in den erweiterten Räumen der Arterien enthalten. Die Elasticität der Arterien, d. h. deren Bestreben, ihr früheres lumen wieder einzunehmen, wird nur in Folge der Erweiterung und im Verhältniss zur Grösse derselben erzeugt. In einer Arterie, welche wenig oder gar nicht ausgedehnt wird, kann ihre Elasticität wenig oder nicht zur Erscheinung kommen. Die ausdehnende Veranlassung erweckt also erst die Elasticität, welche jener wiederum entgegen zu wirken sucht. Wenn die elastische Kraft von der bewegenden (ausdehnenden) überwunden werden kann, so kommt die Erweiterung zu Stande, welche jedoch stets durch jene einen Abbruch erleidet. Ist aber umgekehrt der Widerstand, welchen die elastische Wand der auf sie wirkenden bewegenden Kraft entgegenstellt, grösser, als der Widerstand, welchen die Bewegung nach einer andern Richtung hin erfährt, so weicht die Masse dahin aus, wo sie eben das geringere Hinderniss findet. In den grossen Arterien und insbesondere je näher diese dem Herzen liegen, ist die bewegende Kraft, welche von den Muskelfasern der Ventrikel ausgeht, am Grössten. Die Elasticität wird hier am Leichtesten überwunden, die Ausdehnung ist am Stärksten. Wenn die systole aber aufgehört hat und die bewegende Kraft des Herzens nicht mehr wirkt, dann macht sich die Elasticität wieder geltend. Je mehr sich die Arterien vom Herzen entfernen, desto mehr ist die

1) E. H. Weber, Annot. anatom. et physiol. prolus. I. Lips.

Digitized by

bewegende Kraft in Folge der vielen Widerstände geringer geworden, wie oben aus einander gesetzt worden ist, die Ausdehnung der Gefässwände wird dadurch natürlich schon abnehmen, entsprechend der geringern gegen sie einwirkenden Kraft. Sie wird aber dann ganz aufgehoben, wenn das Blut mit grösserer Leichtigkeit nach der Längsaxe der Gefässe weiter fliessen kann, als Kraft erfordert wird, die Wandung auszudehnen. Nun nimmt aber diese Leichtigkeit des Ausfliessens in bedeutender Weise zu, wie die Arterien kleiner werden, und zwar deshalb, weil ihre Anzahl ungemein sich vermehrt und ihr Gesammtquerschnitt ganz ausserordentlich den der Ursprungsarterien übertrifft. Daher fühlt man keinen Puls mehr in den kleinsten Arterien und das ausfliessende Blut zeigt uns nicht mehr, wie an den grossen, dass dasselbe die Wandung nach Aussen drückt, sondern es fliesst gleichmässig. Der im Anfange des § ausgesprochene Satz, dass das Blut, welches während der diastole gefördert wird, während der systole in den ausgedehnten Arterien sich aufhielt, muss demnach dahin präcisirt werden, dass nur die grössern Arterien damit gemeint sind, die ausgedehnt werden, Puls zeigen, und das Blut aufnehmen, welches nicht nach der Längsrichtung der Gefässe weiter geführt wird.

Pulsation in Arterien, welche gewöhnlich nicht pulsiren.

679. Unter gewissen Umständen können noch zwei von dem beschriebenen verschiedene Hergänge stattfinden, welche eine grosse practische Wichtigkeit haben. Es kann nämlich erstens geschehen, dass Arterien, welche unter normalen Verhältnissen nicht pulsiren, durch bestimmte Ursachen Pulsation zeigen. Wenn nämlich die Strömung nach den Capillaren hin erschwert wird, so dass dieser Widerstand nun grösser wird, als derjenige, welchen die Wandung darbietet, so ist die nothwendige Folge, dass das Blut gegen die Wandung mehr drückt, was eben den Puls erzeugt. Bei Entzündungen stockt das Blut in den kleinsten Arterien und Capillargefässen, die Strömung aus den zunächst kleinern Arterien gegen dieselben wird beeinträchtigt, deshalb fühlt man an solchen Theilen eine ungewohnte Pulsation.

Aufhören des continuirlichen Fliessens.

680. Ein anderer Fall ist der, dass Arterien, welche unter normalen Verhältnissen durch die Blutwelle ausgedehnt werden, durch besondere Ursachen Widerstand genug leisten, um keine Ausdehnung zu erfahren. Dies kann beispielsweise durch Abnahme der Herzkraft entstehen. Dieselbe kann so gering werden, dass Arterien von einem gewissen Lumen nicht mehr erweitert werden können und dass das Blut leichter gegen die Capillaren hinzufliessen vermag, als gegen die Gefässwandung. Die Folge lässt sich leicht einsehen. Das Blut wird nur während der systole in den Capillaren weiter fliessen, weil die Ursache, weshalb es auch in der diastole fliesst, nämlich die Elasticität der Arterien momentan aufgehoben ist, da wie gesagt die

Digitized by Google

betreffenden Arterien nicht mehr ausgedehnt werden, und erst durch die Ausdehnung die Elasticität in die Erscheinung tritt. Darum geschieht es, dass bei schwach gewordenen Fröschen unter dem Mikroskope wieder ein rhythmisches, unterbrochenes Fliessen entsteht. Alle Ursachen, welche die Ausdehnung der Arterienwandung durch die Blutwelle hindern und dadurch die Elasticität nicht zur Erscheinung kommen lassen, machen aus dem continuirlichen Strom einen periodischen.

3) Elasticität des Herzens. Aspiration.

681. Das Herz hat wie alle Muskeln einen bedeutenden Grad von Elasticität. Dies sieht man selbst am todten Herzen deutlich, in welches man Wasser einspritzt oder Luft einbläst, wodurch es beträchtlich erweitert wird und sich dann wieder verengt. Aspiration des Herzens.

Es finden sich nun zwar elastische Fasern im Herzen, nämlich an den fibrösen Ringen der Gefässe und theilweise an den Klappen, sowie auch am endocardium, welches wesentlich wie die intima der Gefässe gebaut ist, ganze Schichten elastischer Fasern zeigt. Aber auch die Muskelsubstanz selbst besitzt, wie alle Muskeln, Elasticität, wobei es indess noch unausgemacht ist, ob den Muskelfasern als solchen oder dem reichlichen Bindegewebe zwischen denselben diese Eigenschaft hauptsächlich zuzuschreiben ist.

Nachdem die Contraction des Herzens vorüber ist, so strebt es, sich wieder auszudehnen. Wenn daher ein ausgeschnittenes Herz, welches noch fortschlägt, in Wasser gelegt wird, so dringt jedesmal bei der diastole durch den Luftdruck Wasser ein und wird bei der systole wieder entleert. Anfangs ist das Wasser blutig, später klar (Johnson, [1]) Chassaignac). [2]) Bringt man ein todtes Herz, an dessen grosse Gefässe Glasröhren gebunden sind, so in Wasser, dass nur die Venenenden darin liegen, die Arterien aber herausstehen, und drückt es in raschen Intermissionen zusammen, so läuft beständig aus den Arterien das Wasser aus (Fick). [3])

An dem Apparate Fig. 76 kann man dieselbe Erscheinung beobachten. Wenn das Endstück *k* abgeschraubt oder die Röhre *r* nicht vollends mit Wasser gefüllt wird und man nun den Beutel *A* zusammendrückt, so bemerkt man jedesmal, wenn der Druck wieder nachlässt, dass sich die bei *l* befindliche Klappe öffnet und Wasser in der Richtung des Pfeils fliesst und in *k* sich senkt. Indem der

---

1) Johnson in Medico Chir. Transact. 1823, XII, 397.

2) cf. Arch. gén. 1854, III, 397. (Citirt nach Milne Edwards.)

3) Fick in Müller's Archiv 1849, p. 283.

Digitized by Google

elastische Beutel *A* sich wieder ausdehnt, und kein Druck auf ihn mehr wirkt, so wird durch den Luftdruck das Wasser in *r* gegen *A* hingepresst. — Hat man das Ende *k* nicht abgeschraubt, und ist der ganze Apparat mit Wasser vollständig angefüllt, so ist das Resultat dasselbe, die Flüssigkeit in den Röhren *o*, *n*, *k* u. s. w. steht durch das vorhergegangene Zusammenpressen von *A* unter einem stärkern Drucke, als der nach der Pressung in *A* zurückgebliebene Inhalt und muss daher einfliessen. Man nennt diesen Druck, der das Wasser in *A* eintreibt, den negativen Druck und den Hergang, in welchem *A* gewissermassen das Wasser anzieht, Aspiration.

Während des Lebens muss nothwendig ein ähnlicher Vorgang erfolgen. Dies haben auch Versuche gelehrt. So verbanden Wedemeyer und Günther [1]) bei einem Pferde mit dem Herzende einer oberhalb unterbundenen vena jugularis eine gebogene, in Wasser tauchende Glasröhre. Mit jedem Pulsschlage, also auch bei jeder Erweiterung des Vorhofes stieg die Flüssigkeit einige Zoll aufwärts. Ähnliche Beobachtungen machte v. Weyrich [2]) — mit gleichem Resultate. Fick brachte die untere Hohlader eines noch schlagenden Katzenherzens in Verbindung mit einem Manometer, unterband die obere Hohlader und liess die Mündung der Pulmonararterie offen. Das Ganze wurde in ein Gefäss mit Salzwasser gelegt, das Manometer mit derselben Flüssigkeit gefüllt. Aus der a. pulmonalis entleerte sich anfangs Blut, dann blutiges Wasser. Sobald aber in dem langen Schenkel die Flüssigkeit so hoch stand, als im kurzen Schenkel, so stand der Inhalt vollkommen still, obwohl das Herz noch kräftig schlug. — In diesem Versuche war die Herzbewegung wahrscheinlich nicht mehr energisch genug. Er kann also gegen die Aspiration nicht beweisen.

Man wird aus den angegebenen Gründen den negativen Druck im lebenden Herzen kaum läugnen können. Dass von demselben nicht der Venenblutfluss überhaupt abhängt (Zugenbühler, [3]) Schubarth), [4]) geht aus der Darlegung der Bedingungen zur Blutströmung deutlich hervor. In einer durchgeschnittenen Vene strömt das Blut aus dem mit den Capillargefässen und Arterien in Verbindung stehenden Ende fortwährend aus, was schon hinlänglich beweist, dass die Aspiration nicht die wesentlichste Ursache des Venenblutlaufs ist.

---

1) Wedemeyer, Physiol. Unters. über das Nervens. u. die Resp. Hann. 1817.
2) Weyrich, De cordis aspiratione. Dorpat. 1858.
3) Zugenbühler, De motu sanguinis per venas. Archiv der Schweizer Ärzte 1816.
4) Schubarth in Gilbert's Ann. 1817.

Digitized by Google

Die Unterstützung, welche der Venenblutlauf durch die Aspiration erhält, kann also nur für gering gehalten werden.

4) Muskelcontraction der Gefässe.

Muskelcontraction der Gefässe.

682. Durch die Fähigkeit der Gefässe vermittelst ihrer Muskeln enger zu werden und wieder zu erschlaffen und durch den Einfluss, welchen das Nervensystem auf diese Muskeln ausübt, kommt ein neues, wichtiges Moment zu den Bewegungsursachen der Blutflüssigkeit. Während nämlich die Muskelkraft des Herzens auf die ganze Blutmasse einwirkt, erleiden durch die Gefässmuskeln nur einzelne, oft sehr beschränkte, Blutströmungsgebiete eine besondere Abnahme oder Zunahme von Druck. Es wird erklärlich, wie an einzelnen Körpertheilen der Blutfluss sich ändern, das Blut rascher sich entleeren und mehr sich anhäufen kann. Für den Organismus ist das Bedürfniss vorhanden, über solche lokale und vorübergehende Blutconcentrationen disponiren zu können, was in der That durch Vermittelung des Nervensystems geschieht. Fast bei jeder Functionserhöhung sehen wir Blutfülle in den betreffenden Organen. Dieselbe Verbindung zwischen Nervensystem und lokaler Blutströmung macht sich bei Gemüthsbewegungen, Verletzungen und in vielen andern Fällen bemerkbar. — Die Nerven der Gefässe stehen, wie in der Nervenphysiologie weiter gezeigt wird, unter der Herrschaft bestimmter Nervencentra im Rückenmarke. Es lässt sich einsehen, dass gewisse allgemeine Affectionen des Nervensystems an einzelnen Körperstellen Veränderung in der Blutströmung bewirken können. So kömmt es z. B. nicht selten vor, dass bei nervenschwachen Personen in Folge von Anstrengungen in einem oder dem andern Nagelgliede Pulsation entsteht und eine Entzündung bevorzustehen scheint, aber nach einer einzigen Nachtruhe vollständig verschwunden ist. (Unkundige wenden in solchen Fällen Blutentziehungen an.) Die Schamröthe und viele andere Erscheinungen gehören gleichfalls hierher. — Es ist noch nicht vollständig aufgeklärt, weshalb der eine Theil vor dem andern trotz allgemeiner Einwirkungen afficirt wird.

Jeder blutführende Theil steht sonach sowohl mit dem Herzen, als mit den Nervencentris in einer engen Verbindung.

Wenn sich die Gefässe in Folge von Muskelcontraction mehr zusammenziehen, so nimmt zunächst die Flüssigkeitsmenge, welche durchtreten kann, ab. Diese Menge hingegen erleidet von der Wandung einen Druck und wird mit grösserer Geschwindigkeit in die Capillargefässe eingetrieben. Es wird wahrscheinlich von der Stärke der Verengerung abhängen und resp. von der Flüssigkeitsmenge, welche in einem gewissen Zeitabschnitte durchtritt, ob das Blut auch

Digitized by Google

rasch durch die Capillargefässe fliesst, oder ob es endlich in diesen stockt.

Durch Reizung des n. sympathicus am Halse entsteht die erstere Wirkung. — Wenn weniger Blut in die verengten Gefässe gelangen kann, so wird dies einen Einfluss auf die hinter der verengten Stelle gelegenen Gefässe dadurch haben, dass deren Blut nicht nachrücken kann und der Druck vermehrt wird. Diese Vermehrung kann jedoch, wo Gelegenheit genug zum Ausweichen gegeben ist, verschwindend klein sein.

5) Wirkung des Luftdruckes auf die Herzbewegung.

Wirkung des Luftdruckes auf die Herzbewegung zur Zeit, wo nicht geathmet wird.

683. Das Herz ist zunächst von einer (unzusammendrückbaren) Flüssigkeit, liquor pericardii, [1]) und dem Herzbeutel umgeben. Dieser ist nach rechts und links mit der pleura verwachsen. Zwischen pleura und Lungen ist kein freier Raum, beide liegen vielmehr luftdicht an einander. Die Theile, welche die nicht gegen die Lungen gerichtete Fläche der pleura begrenzen, sind von einander dadurch verschieden, dass einige fest, andere weich und nachgiebig sind. Zu letztern gehören der Herzbeutel und das Zwerchfell. Der Druck der äussern atmosphärischen Luft wirkt auf die weichen Theile ein, welche demselben nicht widerstehen können. Auch auf dem Herzbeutel lastet die Luftsäule und zwar dadurch, dass die blutführenden Gefässe bis an die Oberfläche des Körpers kommen, mithin dem Atmosphärendruck ebenso wie das in ihnen enthaltene Blut unterworfen sind. Die äussere Luft drückt also durch das Herzblut auf die Herzwandung, auf den Herzbeutel, auf die pleura in der Richtung gegen die Lungen hin. — Nun aber ist im Hohlraum der Lunge auch Luft enthalten, welche mit der äussern atmosphärischen Luft durch die Mündungen der Respirationsorgane in offener Verbindung steht. Diese Luft drückt auf die Innenfläche der Lungen, also auch auf die Seite, welche gegen das Herz zu liegt. Es wirkt mithin ein Luftdruck nach zwei entgegengesetzten Seiten, einmal von der Innenfläche des Herzens ausgehend, und zweitens von der innern Seite des Hohlraumes der Lungen ausgehend. Wenn beiderlei Druck gleich gross ist, so hebt er sich gegenseitig auf. Ist dies nicht der Fall, sondern besteht auf einer Seite ein Überdruck, so muss eine Bewegung nach der Richtung des geringern Druckes Statt haben.

---

1) Es ist nicht richtig, wenn Donders (Phys. I. 30) das Vorhandensein einer Flüssigkeit im Herzbeutel im normalen Zustande während des Lebens läugnet. Man findet bei gesunden Thieren dieselbe, wenn auch in sehr verschiedener Menge, beinahe constant.

Digitized by Google

Man hat nun neuerdings behauptet, dass wirklich in der Zeit, in welcher nicht geathmet wird, also nach dem Ausathmen auf die innere Wandung der Lungen und somit auf die äussere des Herzens ein geringerer Druck ausgeübt werde, als der der Atmosphäre beträgt. Diese Lehre wurde von Donders aufgebracht und namentlich von Ludwig sehr ausführlich erörtert. — Sie wurde in folgender Weise begründet. Zur Zeit zwischen der Ausathmung und der Einathmung wird auf die Lungenoberfläche von Seiten der Brustwand kein Druck ausgeübt, weil dieselbe steif genug ist, um dem äussern Luftdrucke zu widerstehen. Somit wird auf die Stellen der Lungen, welche den Rippen anliegen, nur von Innen, nicht aber von Aussen Luftdruck Statt haben. Jener entfaltet mithin die Lungen. Diese Entfaltung wird aber dadurch eingeschränkt, dass die Lungen elästisch sind, weshalb sie sich wieder zu verengern, also dem erweiternden Einflusse der äussern Luft entgegen zu wirken streben. Der Atmosphärendruck beträgt etwa 760 Mm., die elastische Kraft im maximo 30 Mm. Hg., mithin wirkt der Atmosphärendruck = 760 — 30 = 730 Mm. Hg. — Dieser Einfluss kann sich, so hat man weiter geurtheilt, gegen die festen Brustwände hin nicht geltend machen, wohl aber gegen das Herz hin. Denn dessen innere Wand trägt eine ganze Atmosphäre; die äussere dieselbe minus der Wirkung durch die Elasticität.

Wenn diese Erörterung richtig wäre, so dürfte diese Druckdifferenz doch keinesfalls so verstanden werden, wie manche sie zu verstehen scheinen, dass die Spannung der Luft in den Lungen geringer als die atmosphärische sei. Denn da die Lungenluft durch weite Öffnungen mit der äussern in offener Verbindung steht, so kann davon keine Rede sein. Es könnte nur gemeint sein, dass die Lunge einen kleinern Raum einnimmt, als sie einnehmen würde, wenn sie unter übrigens gleichen Verhältnissen nicht elastisch wäre, und dass das Herz sich deshalb weiter ausdehnen könnte, als wenn die Lunge nicht neben ihm läge, als wenn es z. B. in der Bauchhöhle läge.

Aber die ganze Deduction scheint mir nicht stichhaltig. Ein fester elastischer Körper nämlich gibt nur dann seine Elasticität zu erkennen, wenn eine Kraft auf ihn einwirkt, welche seine Gleichgewichtslage stört. Gummi zeigt seine Elasticität, wenn es ausgedehnt oder zusammengedrückt wird. Solange solche Kraft nicht wirkt, ist es nicht im Zustande der Spannung. So auch bei den Lungen. Wir wissen aber, dass die Veranlassung, weshalb auch die ruhigen Lungen, wie sie in der Pause und nach dem Tode sind, ausgedehnt werden, darin liegt, dass sie nur auf ihrer Innenfläche die Last der Luft zu tragen haben und nicht auf ihrer äussern Fläche auch von

Digitized by Google

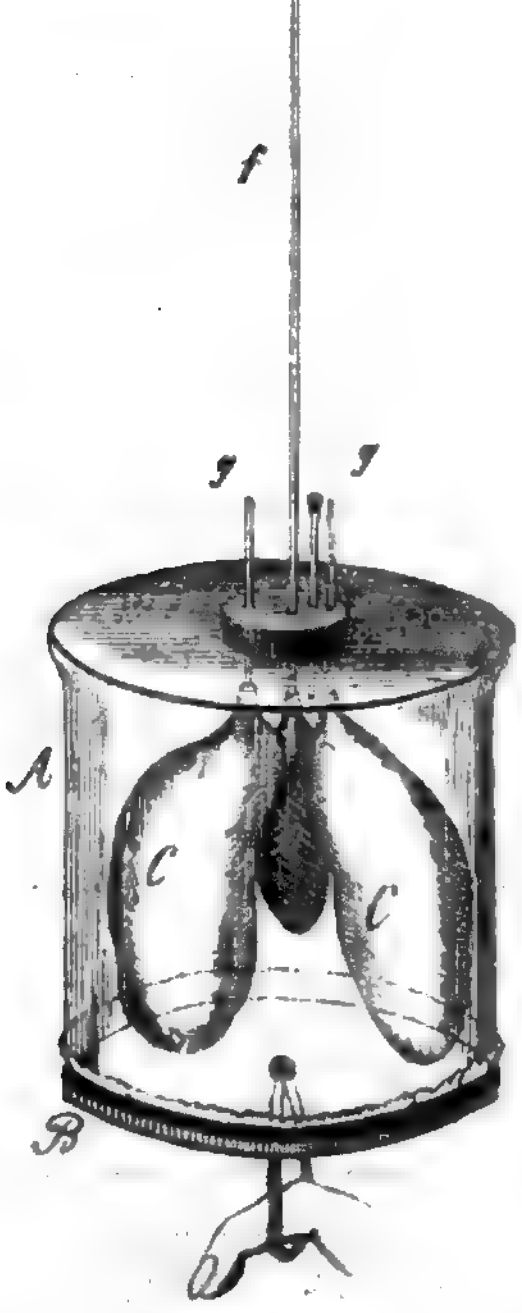
Luft umspült sind, dort daher ein Überdruck Statt hat. Dies trifft aber gerade nicht zu an der Stelle, an welcher die Lunge gegen das Herz gerichtet ist. Hier ist Luftdruck von Innen und Aussen, deshalb kommt eine elastische Spannung gar nicht zu Stande.

Richtig hingegen ist die Bemerkung Ludwig's,[1]) dass die Herzwand von Innen her sich noch in einer Spannung befinde, welche von der Überfüllung der Gefässröhren mit Blut herrühre.

Wirkung des Luftdruckes während der Inspiration.

684. Während im Ruhezustand das Herz und die grossen Gefässe unter einem vom gewöhnlichen Luftdrucke nicht merklich abweichenden Drucke stehen, ändert sich das Verhältniss durch das Ein- und Ausathmen. Sobald die Einathmungsbewegung beginnt, und daher die Lungenluft sich verdünnt (p. 73), so vermehrt sich augenblicklich der Druck der umgebenden äussern Luft. Sie tritt nicht nur durch Nase oder Mund ein, sondern sie übt auch auf die ganze äussere Körperoberfläche, also auch auf die Gefässe einen Druck aus. Das Blut im Herzen und den Gefässen steht unter einem stärkern Drucke, das Herz wird erweitert, es entstehen die p. 122 geschilderten Erscheinungen.

Figur 85.



Eintritt von Luft in die Venen.

In Fig. 85 stellt *A* einen Hohlraum dar, in welchem drei elastische Beutel *C C D* enthalten sind, von denen jeder in eine Glasröhre *g g f* ausgeht; *f* ist mit Wasser gefüllt. Zieht man den elastischen Boden *B* herab, so dehnen sich alle drei Beutel aus. Hält man dabei *g g* zu, so sinkt das Wasser in *f*, weil die Luft in *C C* geringere Dichtigkeit besitzt, als die auf das Wasser *f* drückende Atmosphäre.

685. Aus obigen Angaben erklärt sich leicht der Eintritt von Luft in die Venen. Ebenso wie während des Einathmens auf die ganze äussere Oberfläche der vermehrte Druck wirkt, so auch dringt in eine geöffnete Vene oft mit Geräusch Luft ein. Es ist derselbe Vorgang, wie beim Athmen Luft in die Nase dringt.

---

1) Ludwig, Phys. II, p. 144.

Digitized by Google

Der Lufteintritt in die Venen zieht den Tod rasch nach sich. [1]) Grosse Thiere, z. B. Pferde, denen man die vena jugularis öffnet und mit einem Blasebalg Luft einbläst, fallen in weniger als 1 Minute zusammen und sterben rasch unter Krämpfen. Nicht selten fehlen auch diese, besonders bei kleinern Thieren, indem der Tod ausserordentlich rasch eintritt. Auch bei Menschen hat man solche tödtliche Wirkungen von Operationen beobachtet, obwohl auch oft der Tod dieser Ursache ohne sichern Beweis zugetheilt wurde. Diese Erscheinungen treten leichter ein an solchen Venen, welche an ihre Umgebung unnachgiebiger befestigt und nicht fern vom Herzen sind. Viele Venen hängen beim Menschen durch aponeurotische Ausbreitungen fester an ihren umliegenden Theilen und fallen daher nicht so leicht zusammen, wenn sie geöffnet werden. Dazu gehören die v. cava superior, jugularis, subclavia, die venae hepaticae, vena cava inferior (am Zwerchfell), die Venensinus im Gehirn. Alle diese Venen klaffen mehr oder weniger beim Aufschneiden. Jedoch kommen für unsern Gegenstand nur die v. jugulares in Betracht.

Man kann das Anziehen des Blutes gegen das Herz hin während der Inspiration auch experimentell nachweisen. Wird nämlich mit dem Herzende der vena jugularis eines Thieres eine Röhre verbunden, welche in Wasser taucht, so steigt bei jeder Inspiration das Wasser in der Röhre in die Höhe (Barry, Poiseuille); doch ist diese Erscheinung bei Venen, welche von dem Herzen sehr entfernt liegen, nicht mehr wahrzunehmen.

686. Die tödtlichen Folgen des Lufteintritts in die Venen erklären sich durch die Störung, resp. Aufhebung der Cirkulation in den Lungen, durch deren Capillargefässe die Herzkraft die Blutflüssigkeit nicht mehr zu treiben vermag, wenn Luft darin enthalten ist (Poiseuille)[2]). — Man kann sich an dem oben (p. 315) beschriebenen Apparate sehr leicht davon überzeugen, wie bedeutend die Strömung

---

1) Die erste Beobachtung an Thieren soll von Wepfer herrühren; wahrscheinlich aber erst von Mery und Littre. Der erste derartige Fall an Menschen, welcher zu weiterm Studium Veranlassung gab, wurde von Magendie beobachtet. Dass viele Todesfälle bei Operationen mit Unrecht dem Lufteintritte in die Venen zugeschrieben werden, darauf hat besonders Blondin aufmerksam gemacht. Die wichtigsten Schriften sind folgende: Brunner, De experimentis circa venae sect. util. in Ephem. act. n. cur. 1646. — Mery in Mém. de l'acad. des sc. 1770, p. 167. — Magendie in Journ. de phys. 1821, I, 190. — Amussat, Rech. sur l'introduction de l'air dans les veines pendant les opér. chir. Paris 1834 — Blondin, Les accid., qui peuvent survenir pend. les opér. — Bérard in Arch. gén. XXII, 306.

2) Poiseuille in Gaz. méd. 1837, p. 671.

Digitized by Google

gehindert wird, wenn sich Luft mit dem Wasser gemengt hat und der Ausfluss selbst zeitweise ganz stockt.

Wirkung des Luftdruckes beim Ausathmen.

687. Während des Ausathmens ist die Luft in den Lungen dichter als die atmosphärische, sie drückt daher auf das Herz, dieses nimmt einen engern Raum ein, das Venenblut kann nicht zuströmen, es staut sich, vgl. p. 122. Am geöffneten Schädel sieht man bei jeder Exspiration sich die Venen füllen, und zwar in dem Grade, dass das ganze Gehirn sich in die Höhe hebt. — Alle Erscheinungen werden intensiver, je rascher und stärker die Exspiration stattfindet. Durch heftiges anhaltendes Lachen, Singen, Schreien hat man sogar lebensgefährliche Folgen beobachtet. [1])

C. **Bewegungseffecte.** 688 — 707.

Bewegungseffecte.

688. Wie oben p. 297 schon gelehrt worden ist, bestehen die Wirkungen der das Blut in Bewegung setzenden Kräfte in Druck und Geschwindigkeit. Im Folgenden sollen die Beobachtungen angeführt werden, welche man an den verschiedenen Gefässen über diese Bewegungseffecte gemacht hat; woran sich die Untersuchungen über die Blutmenge, welche bei jeder systole aus dem Herzen fliesst und über die Kraftgrösse, welche das Herz zu leisten vermag, füglich anschliessen.

1) Blutdruck.

Blutdruck bei nicht in Bewegung begriffenem Blute.

689. Ein gewisser Blutdruck auf die Wandungen der Gefässe muss schon vorhanden sein, auch wenn das Blut sich nicht bewegt; gerade wie eine jede Flüssigkeit in Folge ihrer Spannung (s. S. 296) auf die Wand des Gefässes drückt. — Dieser Blutdruck lässt sich messen, wenn das Herz zum Stillstande gebracht wird, etwa durch Reizung der n. vagi, und wenn alle Muskelaction durch Anästhetica, soviel es geht, aufgehoben ist. — Solche Versuche sind von Brunner angestellt worden. Die Menge des vorhandenen Blutes hat, wie sich leicht ergibt, einen beträchtlichen Einfluss. Die Ausdehnbarkeit der Gefässe gestattet nämlich, dass eine grössere Blutmasse in ihnen enthalten sein kann, als wenn dieselben starre Wände hätten. Vermöge ihrer Elasticität bestreben sie sich aber, besonders die Arterien, sich zu verengern, was wegen der Incompressibilität der Flüssigkeiten (s. p. 296) nicht gelingt. Dieses Bestreben ist jedoch um so stärker, je mehr Blut in den Gefässen enthalten ist. Wird nun ein solches Gefäss geöffnet und ein Druckmesser eingesetzt, so kann sich sogleich,

1) cf. Milne Edwards leçons sur la phys. IV, 326.

Digitized by G

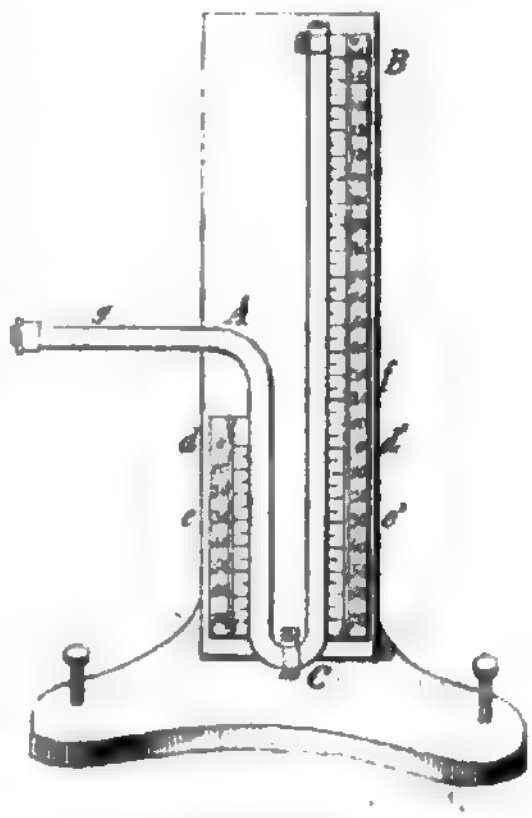
nachdem Ausfluss geschafft ist, die Elasticität geltend machen und wirkt im Verhältniss zur vorhergegangenen grössern oder geringern Ausdehnung des Gefässes stärker oder schwächer. So beobachtete z. B. in der carotis eines Hundes Brunner im Manometer einen Quecksilberstand von

10,4 bei unveränderter Blutmenge,
19,0 nach Injection von 280 Grm. Blut,
8,5 nach Entziehung von 256 Grm. Blut.

Messung des Blutdruckes.

690. Zur Bestimmung des Blutdruckes mass Hales (1744) die Höhe, welche der aus einer angestochenen Ader in eine Glasröhre tretende Blutstrom erreichte. Er fand, dass das Blut in der a. cruralis eines Pferdes 8 bis über 9′, in der vena jugularis nur 12 bis 21″ stieg; beim Schafe in der a. temporalis 6½′, in der vena jugularis 5½″; beim Hunde in der a. temporalis 4 bis 6′, in der vena jugularis 4 bis über 8″. Jetzt bedient man sich eines von Poiseuille angegebenen Instrumentes, — des sogenannten Hämodynamometers. Es besteht aus einer Glasröhre, welche doppelt gebogen ist, einen längern Schenkel *B*, ein Mittelstück *C* und einen aufsteigenden (*A*), dann den rechtwinkelig auslaufenden kürzern Schenkel *g* hat. An das Ende des letztern wird eine dünne kurze Kautschukröhre, mit welcher ein silbernes am Ende eine Rinne bildendes, sich verjüngendes Röhrchen verbunden ist, mit Siegellack befestigt. Bei *d* und *d′* ist ein Nullpunkt verzeichnet; von *d* verläuft eine in Millimeter getheilte Scale abwärts, von *d′* aufwärts. Bis zur Höhe *d* und *d′*, welche beide Punkte in gleichem Niveau stehen, wird Quecksilber eingegossen; in den Theil der Röhre von *d* bis *g* wird eine Lösung von natrum carbonicum gespritzt. Dies hat den Zweck, dass das einströmende Blut nicht gerinne. Die Kautschukröhre mit dem silbernen Ansatze dient dazu, in die Ader des Thieres eingeführt zu werden. Man verfährt beispielsweise an der a. carotis wie folgt: Das Gefäss wird eine ziemlich grosse Strecke lang blossgelegt, dann oben unterbunden, damit wegen der Communication mit den andern Gehirngefässen das Blut nicht aus dem obern Ende nach der Eröffnung ausfliesse; sodann wird an der Seite der trachea eine Unterbindungspincette um die Arterie und unterhalb derselben ein Faden gelegt. In das zwischen der Pincette und der unterbundenen Stelle liegende Stück wird ein Längsschnitt gemacht

Figur 86.



Hämodynamometer.

Digitized by Google

und das silberne Röhrchen der Kautschukröhre eingeschoben, dann die Pincette geöffnet. — Das aus der Arterie kommende Blut dringt nun in die Glasröhre und übt einen Druck auf das Quecksilber aus, welches dadurch von seiner Stelle weicht. Bei jedem Herzschlage steigt das Quecksilber, und fällt wieder während der diastole. Es steigt in der Röhre *B* um so viel, als es in der Röhre *A* gesunken ist. Der Druck, den das Blut ausgeübt hat, ist jedoch dem doppelten Unterschiede des frühern und jetzigen Standes gleich. Wenn also in der Röhre *B* das Quecksilber vom Punkte *d'* 75 Mm. aufwärts gestiegen ist, so beträgt der Blutdruck 150 Mm. Dies ergibt sich aus Folgendem. Man denke sich die Quecksilbersäule *d d'* aus zwei Hälften *d C* und *d' C* zusammengesetzt. Dadurch, dass der Druck der einen Hälfte dem der andern ganz gleich ist, stehen beide gleich hoch. Wird nun die Quecksilbersäule *d C* gedrückt, so dass das Quecksilber von *d* bis *e* sinkt, so muss man zur Bestimmung des Drucks die Quecksilbersäule *e C* mit der *e' C* vergleichen. Beide halten sich das Gleichgewicht, was über *e'* steht, ist dem vermehrten Drucke auf *d* gleichzustellen. Dies ist $e' f = 2\,d'\,f$. — Es muss endlich der Druck noch berücksichtigt werden, den die über dem Quecksilber stehende Lösung von natron carbonicum übt. Da diese nach Poiseuille 16 Mal leichter als Quecksilber ist, so hat man von der gefundenen Zahl noch $^1/_{20}$ abzuziehen. Wenn die Verbindungsröhre in die carotis gesetzt wird, so wird der Blutdruck der carotis selbst nicht gemessen, sondern nur der aorta (oder anonyma) an der Stelle, an welcher die carotis abgeht. Denn dieses Stück der carotis ist nur eine Fortsetzung unserer Röhre. — Will man den carotis-Druck selbst messen, so muss man seitlich eine Röhre einsetzen, was auch von Ludwig, Valentin, Volkmann geschehen ist, wobei jedoch wieder in Betracht kommt, dass durch das eingesetzte Stück ein neuer Widerstand entsteht.

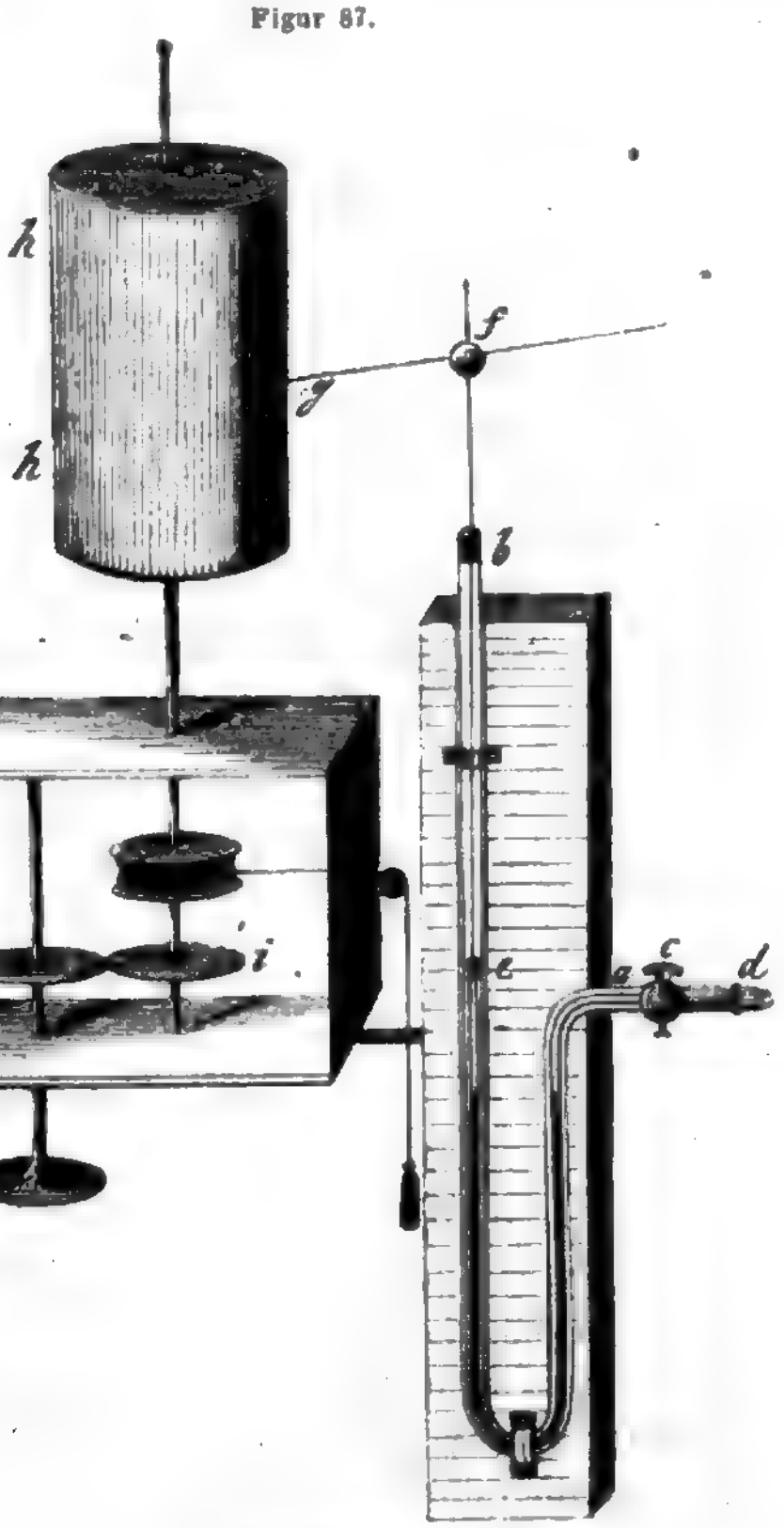
691. Um die Messungen graphisch darzustellen, hat Ludwig [1]) mit dem Manometer einen Apparat in Verbindung gesetzt, welcher nach einem von Watt in der Mechanik angewandten Principe construirt ist. Er wird Kymographion genannt, s. Fig. 87. Die Dille *d* bringt man, während der Hahn *c* geschlossen ist, ins Gefäss. In dem langen Schenkel des Glasrohres befindet sich auf dem Quecksilber ein schwimmender Stab *e f*, der auf seinem freien Ende an einem Querstück einen Pinsel *g* trägt, welcher sich gegen den mit Papier überzogenen Cylinder *h h* anlegt. Durch ein Uhrwerk *i i* wird

1) Ludwig in Müller's Archiv 1847, p. 242. — Volkmann, Hämodynamik, p. 148.

Digitized by Google

der Cylinder in gleichmässiger Geschwindigkeit herumgedreht; und so schreibt der Pinsel die auf- und absteigenden Bewegungen in Form einer Curve auf. — Damit durch die Schwankungen des Quecksilbers nicht auch neben den durch den Blutdruck hervorgebrachten Curven noch andere beschrieben werden, ist nach Ludwig's Angabe erforderlich, 1) dass die Masse des im Manometer angewandten Quecksilbers möglichst gering genommen werde; 2) dass keine Luftblasen

Figur 87.



Kymographion.

sich in die Flüssigkeit einmischen; 3) dass nur feste, nicht ausdehnbare Canäle zwischen Blut und Quecksilber vorhanden sind; 4) dass in das Verbindungsrohr ein Hahn eingesetzt werde, um die Ausgleichungsgeschwindigkeit des Druckes zwischen beiden Flüssigkeiten gewisse Grenzen nicht übersteigen zu lassen. Nichtsdestoweniger sind

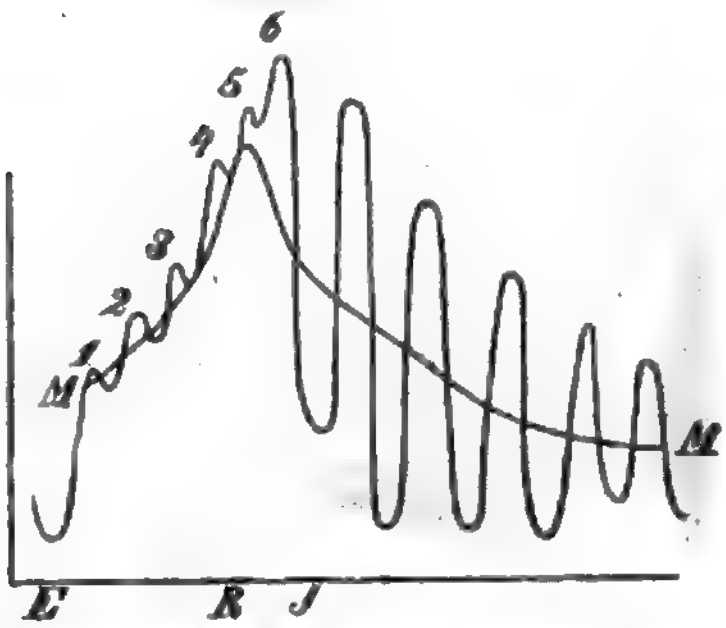
Digitized by Google

bei weiten Arterien die Schwankungen des Quecksilbers zu gross, bei engen zu klein, als dass die Curven eine mehr wie annähernde Vorstellung des wirklichen Blutdruckes geben könnten. [1])

Da übrigens die Herzkraft nicht nur nach Individualität, sondern auch bei demselben Thiere so sehr wechselt, so kann man durch alle diese Apparate nur die allgemeinen gröbern Modificationen kennen lernen. Denn wir haben es nicht mit einem stabilen Mechanismus, sondern einem Organismus zu thun, welcher sehr mannichfaltigen und beständigen Veränderungen unterworfen ist, die sich jeder Berechnung entziehen. Deshalb traue man den Zahlen und Curven nicht mehr, als sie verdienen.

692. Einen grossen Einfluss auf den Blutdruck hat das Athmen. Während der Exspiration wirkt auf die äussere Herzwand ein stärkerer Luftdruck, was sich durch grössere Häufigkeit der Herzschläge und Steigen des Quecksilbers im Manometer kund gibt. Während der Inspiration fällt allmählig der mittlere Druck. Die beistehende (nach Ludwig copirte) Curve gibt eine Vorstellung von diesen Verhältnissen. Der Abschnitt *1—6* bezeichnet die Zeit der Exspiration. Jeder folgende Wellenberg (während der systole) ist höher, als der vorhergehende. Nach vollendeter Exspiration ist eine starke Senkung. Während der Inspiration erreicht der Wellenberg nicht mehr die Höhe des vorigen. *M M* zeigt die Curve des mittleren Druckes.

Figur 89.



Curven, um den Einfluss des Athmens auf den Blutdruck zu veranschaulichen.

693. Da der Stand des Hämodynamometers die Stärke der Widerstände angibt, und da diese bei kleinen Thieren nicht geringer zu sein brauchen, als bei grossen, so sieht man ein, wesshalb kein wesentlicher Unterschied sich zeigte, wenn man Versuche mit einem Pferde, Hunde, oder Kaninchen machte. So fand z. B. Spengler die Höhe des Quecksilberstandes des Instrumentes durch den Blutdruck der carotis eines Pferdes = 150 Mm., und ebenso hoch Ludwig bei der Katze, so Volkmann bei Taube und Hund = 157. — Poiseuille schätzt den Blutdruck im Mittel auf 160, Valentin

---

1) Vgl. über die Mängel des Kymographion Vierordt, Lehre v. Arterienpulse, p. 12, und Archiv für phys. Heilk. 1857, p. 552. — Redtenbacher, ebend. 1858, p. 185 — und die Entgegnung von Fick Med. Phys., p. 471.

Digitized by Google

auf 151 Mm. = einer Quecksilbersäule von 5,5 bis 5,8 franz. Zoll. Hingegen verändert sich der Seitendruck sehr durch andere Verhältnisse. Wird eine andere Arterie gleichzeitig geöffnet, aus der das Blut ausfliesst, so fällt das Quecksilber oft um die Hälfte (Magendie, Woltersom, Volkmann). Bei sehr schlecht genährten, abgemagerten Thieren erreicht das Quecksilber nicht die Höhe, ich fand sie in mehren Versuchen, anstatt 150 Mm., nur 120 Mm., selbst 110 Mm. beim Hunde. Durch Einspritzen von geschlagenem Blute aus den Adern eines andern sahen Volkmann und Goll Zunahme des Druckes.

694. Da die Kraft des rechten Herzens mindestens um die Hälfte geringer ist, so steht das Blut in der Lunge unter einem viel geringern Drucke. — Beutner [1]) öffnete bei Hunden eine Brusthälfte und brachte mit der a. pulmonalis dieser Seite das Manometer in Verbindung, wobei sich ergab, dass in der a. carotis unter gleichen Verhältnissen der Blutdruck 8 Mal grösser war, als in der a. pulmonalis. — Analoge Resultate erhielten Cheauveau und Faivre.[2]) Bei einem Kalbe mit ectopia cordis sah Hering [3]) das Blut aus der rechten Kammer in eine eingebrachte Röhre 18″, das aus der linken 27″ steigen.

695. Die Kraft des Herzens wirkt nicht in allen Gefässen gleich, weil mit abnehmender Verengerung der Arterien und dem endlichen Übergange in Capillargefässe die Reibung immer mehr zunimmt. — In der Pfortader muss sogar das Venenblut, welches ein Capillarsystem schon passirt hatte, noch durch ein zweites gehen. — Bei vielen Thieren, z. B. Fischen, treibt sogar die einfache (nicht aus zwei Abtheilungen bestehende) Kammer das Blut in die Kiemenarterien, in deren Capillargefässe und Venen, von da aus direct, ohne dass ein Herz die Kiemenvenen aufnähme, in die aorta, die Capillargefässe des Körpers, die Venen und endlich noch durch das Capillargefässsystem der Pfortadern. — Durch so bedeutende Reibungen leidet die Stärke des Blutdrucks beträchtlich.

696. Dies haben auch die Versuche mit dem Hämodynamometer gelehrt. — Während jeder systole des Herzens steigt in diesem Instrumente das Blut in die Höhe und während der diastole sinkt es, so dass es in einem beständigen Auf- und Abwogen begriffen ist. Vergleicht man die Höhenstände der verschiedenen Arterien, wie sie von Spengler angegeben sind, so ergibt sich, dass das Blut aus der a.

---

1) Beutner in Zeitschr. für rat. Med. N. F. II, 97.
2) Cheauveau et Faivre, Gaz. méd. 1856.
3) Hering in Archiv für phys. Heilk. 1850, p. 107.

Digitized by Google

carotis stets einen grössern Druck übte, als das der a. maxillaris (156 : 108,3) und der a. metatarsea (200,7 : 154), und dass aus dem Herzende der a. carotis das Blut höher stieg, als aus dem peripherischen (185,2 : 149,5). Vergleicht man hingegen die Tiefstände, so ergibt sich aus Spengler's Beobachtungen, dass nur in einem Falle das Blut aus der carotis während der diastole höher im Instrumente stieg, als das Blut anderer Arterien. — Volkmann hat indess durch sehr zahlreiche Beobachtungen gelehrt, dass der aus den Höhen- und Tiefständen gewonnene Mitteldruck des Blutes grösser ist in der a. carotis, als in der a. metatarsea (116,3 : 89,3), als in einem Seitenaste der a. cruralis (172,3 : 165,1), überhaupt bedeutender in grössern als in kleinern Arterien, und bedeutender in kleinern Venen, als in grössern. Z. B. in einer Versuchsreihe a. carotis centralis 165,5; a. metatarsea 146; vena metatarsea 27,5; v. jugularis 9. Nur fand sich merkwürdiger Weise der Blutdruck der a. cruralis in vielen Fällen stärker als der der a. carotis. — Nach Mogk ist der Druck in den Venen 10 bis 20 Mal geringer, als in den Arterien.

697. Durch Unterbindungen von Arterien steigt der Blutdruck (Magendie, Goll), und fällt wieder nach Lösung der Ligaturen; wie sich theoretisch dies voraussagen liess.

2) Geschwindigkeit des Blutumlaufes.

Geschwindigkeit der Blutströmung.

698. Man hat verschiedene Methoden angewendet, um die Zeit zu bestimmen, welche das Blut braucht, um durch den ganzen Körper zu strömen, also beispielsweise diejenigen Blutkörperchen, welche eben aus dem linken Ventrikel ausgestossen werden, bis dieselben den rechten Vorhof erreichen, sowie ferner, um die Zeit zu bestimmen, welche das Blut an irgend einer Stelle des Gefässsystems z. B. in einer Arterie, Vene oder einem Bezirke des Capillargefässsystems braucht, um eine gewisse Wegelänge zurückzulegen. Die wichtigsten Ergebnisse waren folgende:

699. Das Blut durchläuft den Körper von Pferden in der sehr kurzen Zeit von 26 Secunden im Mittel (17,5 kürzeste, 40 längste Zeit in 19 Versuchen); im Kaninchen in 7,46 Secunden, Hunden 16,7 Secunden. Stoffe, welche in die eine v. jugularis eingespritzt waren, fand man nach der angegebenen Zeit schon in der andern. Sie mussten mithin aus der v. jugularis in das rechte Herz, von da in die Lungen, von da in das linke Herz und die aorta gelangen, wieder das Körper-Capillargefässsystem durchwandern, um wieder in

Digitized by Google

die Vene der andern Seite zu gelangen (Hering,[1]) Poiseuille).[2]) Hering macht den Versuch auf folgende Weise: er öffnet einem Pferde beide venae jugulares, bringt in die eine, z. B. rechte, einen Trichter, den man durch einen Hahn verschliessen kann (damit nicht Luft in die Venen dringen könne, weil Eintritt von Luft in das Herz raschen Tod zur Folge hat), giesst in den Trichter eine wässerige Lösung von Kaliumeisencyanür (℥ j auf ℥ j Wasser) und öffnet den Hahn, damit die Flüssigkeit in die Vene laufe. In 12 bereit gehaltenen Gläschen wird nun von 5 zu 5 Secunden Blut aus der andern (linken) vena jugularis genommen, — eine Minute lang. Die Gläschen bleiben bis zur Gerinnung des Blutes in Ruhe, dann wird das serum sanguinis der einzelnen Portionen durch Eintröpfeln einer Lösung von salzsaurem oder schwefelsaurem Eisenoxyd geprüft. In der fünften Portion (die nach 25 Secunden entzogen wurde) zeigt sich gewöhnlich schon die blaue Färbung durch das Berlinerblau, welches sich durch die Verbindung von Kaliumeisencyanür und Eisen erzeugt. — Weil durch die Öffnung der anderseitigen Vene der Ausfluss beschleunigt werden kann, hat Hering das Blut aus dieser in einigen Versuchen erst ausfliessen lassen, wenn er vermuthen konnte, dass das Blutlaugensalz der Öffnung nahe sei. Hier ergab sich allerdings eine etwas langsamere Strömung. Wenn anstatt der vena jugularis eine viel entferntere Vene am Fusse genommen wurde, so dauerte der Durchgang nur wenige Secunden länger. — Vierordt[3]) suchte durch besondere Mechanismen die Hering'sche Methode zu vervollkommnen. — Bei der Infusion muss vorausgesetzt werden, dass der injicirte Stoff in den Capillargefässen eben so rasch läuft, als das Blut, was nicht bei allen Substanzen in gleicher Weise der Fall ist. (Poiseuille).

700. Auf einem andern Wege lässt sich die Schnelligkeit des Blutumlaufs beim Menschen beweisen. Wenn nämlich mit jedem Herzschlage ungefähr 5 Unzen Blut aus einem Ventrikel ausgetrieben werden und 70 bis 75 Schläge in eine Minute fallen, so kommen auf die Minute 350 ℥ Blut = $21^{7}/_{8}$ Pfund bis 375 ℥ = $23^{7}/_{16}$ Pfund. Wenn nun nach neuern Untersuchungen es sich als wahrscheinlich herausstellt, dass ein erwachsener Mensch nur etwa 10 bis 12 Pfd. Blut enthält, so könnte in ungefähr 30 Secunden der Durchgang erfolgt sein. — Aus einer Zusammenstellung von Beobachtungen hat Vierordt berechnet, dass bei dem Menschen und verschiedenen

---

1) Hering in Tiedemann-Treviranus Zeitschr. für Phys. 1829, III, 85. — 1831, V. — Archiv für phys. Heilk. 1853, p. 112.

2) Poiseuille in Ann. des scienc. nat. 1843, XIX, 30.

3) Vierordt, Ersch. u. Ges. der Stromgeschwindigkeit. Frankf. a/M. 1858.

Digitized by Google

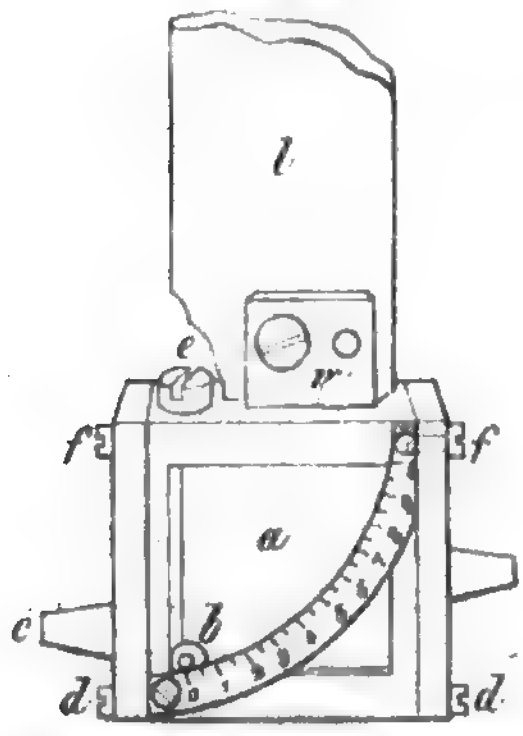
Säugethieren das Blut einen Umlauf beendigt habe, während das Herz 26 bis 27 Mal schlägt.

701. Um direct zu messen, wie schnell das Blut an einer bestimmten Stelle in einer gewissen Zeit laufe, haben Volkmann und Vierordt besondere Apparate angewandt. Der Hämodromometer Volkmanns besteht aus einer Messingröhre *a b*, welche bei *c c* zwei Hähne mit $1^1/_2$facher Durchbohrung hat, und aus einer gebogenen Glasröhre *d*. Man kann die Hähne so stellen, dass eine Flüssigkeit blos durch *a b* geht und auch so, dass sie den Umweg durch *d* nimmt. Nachdem nun *d* mit Wasser gefüllt ist, so schliesst man durch die Hähne *c c*, welche sich mit einer einzigen Drehung beide gleichmässig bewegen, die Glasröhre *d*, schliesst dann durch Klemmpincetten die zu untersuchende Arterie, schneidet sie durch, bringt ihre beiden Enden mit *a* und *b* in Verbindung. Bleiben die Hähne *c c* geschlossen, so fliesst das Blut durch *a b*; werden sie geöffnet, so fliesst es durch *d* und verdrängt das Wasser. Die Zeit, welche vergeht von dem Augenblicke des Einfliessens, bis das Wasser am andern Ende von *d* intensiv roth gefärbt ist, wird genau notirt und ergibt die Schnelligkeit. — Bei sieben verschiedenen Hunden durchlief in 1 Secunde das Blut der carotis 273, 262, 357, 329, 280, 338, 205^{mm}, in der vena jugularis 225 (Mittel aus drei Beobachtungen), in der a. carotis eines Pferdes 431, in der a. maxillaris desselben 99; in der a. metatarsea eines andern 56^{mm}. Die Resultate sind nur annähernd, weil die Wandung der Glasröhre nicht der der Gefässe gleich zu stellen ist, weil bei dem Einfliessen in *d* die Winkelbiegung Widerstände hervorbringt, welche im normalen Zustande nicht vorhanden sind, weil während der systole das Blut viel rascher, als während der diastole fliesst und es daher z. B. bei einem Versuche kommen kann, dass derselbe 1 systole und 2 diastolen und ein zweiter 2 systolen und 1 diastole in Anspruch nimmt. — Vierordts Hämotachometer (Fig. 90) besteht aus einem kleinen Kästchen (Seitenwände 19^{mm} lang, $14^1/_2$^{mm} hoch),

Figur 89.

Schema des Hämodromometer von Volkmann.

Figur 90.



Hämotachometer nach Vierordt.

a Glasplatte an der Seitenwand des Kästchens; *b* Pendel; *c* Ansatzröhren für die Kanäle; *df* Schrauben an der Vorder- und Hinterwand; *e* Schraube zum Aufhängen des Pendels; *m* Messingplatte; *l* Messingstab, der mit einer Eisenstange zur Befestigung des Ganzen in Verbindung steht.

Digitized by Google

in welcher ein kleiner Pendel, *b*, hängt, dessen Schwingungen an einem graduirten Quadranten abzulesen sind. An den beiden Wänden geht das Kästchen in zwei Röhren *c* aus, in welche die mit den durchschnittenen Gefässenden verbundenen Kanülen gebracht werden. Das Blut fliesst in das Kästchen, in welchem einige Tropfen einer Lösung von natr. carbonicum zur Verminderung des Gerinnens sich finden, bringt eine Abweichung des Pendelchens hervor, aus dessen Grösse man die Stromgeschwindigkeit bestimmt. Vorher ist diese Grösse empirisch an einer Flüssigkeit mit bekannter Stromschnelle ermittelt worden. — Auch hier ist der Widerstand ein anderer, wie im normalen Zustande. — Die gewonnenen Resultate sind sehr abweichend; wie man aus folgender Zusammenstellung sieht:

a. carotis			a. cruralis		
in der Secunde mm.	Puls in der Minute.	Körpergewicht.	in der Secunde mm.	Puls in der Minute.	Körpergewicht.
301	104	13,5	173	89	—
226	—	8,8	164	78	6,8
106	80	16	138	108	11,9
273	104	7,5	157	—	—
342	105	7,7	128	80	—
322	90—100	20,1	237	85	20,7

Reducirt man das Körpergewicht der verschiedenen Thiere auf 10 Kilogrm., so war also in der a. carotis von Hunden mit demselben Körpergewicht in sechs Versuchen die Geschwindigkeit in der Secunde 222, 256, 66, 364, 444, 155 Mm.; in einer Minute könnte mithin bei zwei gleich schweren Hunden das Blut des einen 3960 Mm. zurücklegen und bei dem andern 28640 Mm. — Aus solchen Zahlen ein Mittel zu nehmen, scheint mir etwas bedenklich.

702. Die Geschwindigkeit des Blutes in den Capillargefässen kann direct gemessen werden (E. H. Weber,[1]) Valentin,[2]) Volkmann).[3]) Man bemerkt sich an einem durchsichtigen Körpertheile (Schwanz von Froschlarven, Schwimmhaut etc.) ein Blutkörperchen bei seinem Eintritt in das Gesichtsfeld des Mikroskopes und wieder bei seinem Austritte und beobachtet gleichzeitig an einem Chronometer die Schläge. Weber fand die Geschwindigkeit der Blutkörperchen in der Secunde 0,254‴, der Lymphkörperchen in zwei Beobachtungen

1) E. H. Weber in Müller's Archiv 1848, p. 465.
2) Valentin, Lehrb. der Phys. 2. Ausg. I, 481.
3) Volkmann, Hämodynamik, p. 184.

Digitized by Google

0,0147 und 0,027; Valentin die der Blutkörperchen 0,225‴, Volkmann 0,222‴ (im Schwanze von Froschlarven).

703. Über andere Versuche, die Geschwindigkeit des Blutes zu messen und zwar mittelst des scheinbaren Stillstandes des Blutes bei kurzer Betrachtung des Objectes und in den Netzhautcapillaren des eigenen Auges vgl. Vierordt, Stromgeschw. p. 35.

3) Menge des aus einem Herzventrikel in die grossen Arterien ausgetriebenen Blutes.

Menge des aus den Ventrikeln jedesmal entleerten Blutes.

704. Nach Krause [1]) beträgt die Capacität des innern Hohlraumes des Herzens im stark ausgedehnten Zustande zwischen 27 und 41 C.Z., im Mittel aus vielen Untersuchungen 32 C. Z. Die 4 Höhlen sind gleich geräumig (wenn man den von den Klappen der ostia venosa eingeschlossenen trichterförmigen Raum als den atria zugehörig betrachtet); jede kann 8 C.Z. oder etwa $5\frac{1}{2}$ Unzen (ungefähr 160 Grm.) Blut fassen. Es ist jedoch sehr fraglich, ob der Herzventrikel in einem so stark ausgedehnten Zustande befindlich sei, wenn er sich zu contrahiren beginnt, wie man dies durch Einspritzen von Flüssigkeit nach dem Tode zu Stande bringen kann; es ist ferner zweifelhaft, ob die Füllung stets gleich oder nicht sehr grossen Wechseln unterworfen sei. Jedenfalls ist daher die angegebene Bestimmung nur eine annähernde.

705. Volkmann [2]) bestimmte die Blutgeschwindigkeit in der a. carotis vieler Thiere durch directe Beobachtung, berechnete hiernach die Geschwindigkeit für die aorta und mass die Weite derselben nach dem Tode. Wenn man aber die Ausflussmündung und Geschwindigkeit kennt, so lässt sich leicht die Ausflussmenge finden. Bei 12 Thieren stellte er Versuche an. Das Verhältniss der so berechneten Ausflussmenge zum Körpergewicht schwankte bei sechs Hunden zwischen $^1/_{289}$ und $^1/_{485}$. Auf den Menschen übertragen betrüge hiernach die Blutmenge, welche bei jeder systole aus dem Herzen entleert würde, $6\frac{1}{2}$ Unzen = 188 Grm. — Jedenfalls sind die möglichen Irrungen bei dieser Bestimmungsmethode viel zahlreicher als bei der directen. [3])

706. Im weiblichen Körper sind alle Massverhältnisse kleiner als im männlichen; so z. B. nach Bizot in pariser Linien

				Frauen.	Männer.
das	ostium	venosum	dextrum	$47^4/_{27}$	$54^5/_{23}$
„	„	„	sinistrum	$40^{17}/_{26}$	$48^9/_{22}$
„	„	arteriosum	dextrum	$29^1/_3$	$31^{12}/_{23}$
„	„	„	sinistrum	$28^3/_{27}$	$30^{20}/_{23}$

1) Krause, Anat., p. 787.
2) Volkmann, Hämodynamik. Leipzig 1850, p. 206.
3) Vgl. auch Valentin, Phys. I, 501, und Vierordt, Stromgeschwind., p. 103.

Digitized by Google

Ebenso verhält es sich mit Gewicht und der Dicke der Wandung. Die Ventrikel fassen auch weniger Blut.

4) Kraft des Herzens.

707. I. R. Mayer [1]) hat zuerst die wirkende Kraft des Herzens in der üblichen Weise nach Kilogrammetern zu bestimmen versucht; d. h. wie viel Kilogramme in einer Secunde 1 Meter hoch gehoben werden können. Setzt man die Blutmenge, welche bei jeder Systole aus dem Herzen getrieben wird = 0,175 Kilogrm. und den mittlern Blutdruck in der Aorta = 250^{mm} Hg. = einer Blutsäule von 3,21^{m}, so ergibt sich 0,175 · 3,21 = 0,56175 Kilogrammeter.

III. Lymphe und Chylus.

708. Der chylus oder Milchsaft heisst diejenige Lymphe, welche in den Lymphgefässen des mesenterium enthalten ist und trägt diesen Namen von der weissen Farbe. Bei jungen noch gesäugten Thieren ist es am Leichtesten, die Chylusgefässe zu sehen. Sie liegen wie weisse Stränge zahlreich neben den blutführenden Gefässen. Die weisse Färbung rührt vom Fette her, welches aus den Darmzotten (s. p. 209) in dieselben in sehr fein vertheiltem Zustande übergegangen ist. Im weitern Verlaufe der Chylusgefässe werden diese unter dem Mikroskope dunkel erscheinenden Körnchen immer kleiner, so dass sie nicht mehr zu messen sind. Sie sind durch Äther löslich und durch Zusatz von Essigsäure werden die Fetttröpfchen deutlich, weshalb H. Müller [2]) vermuthet, dass sie (ähnlich wie die Milchkügelchen) eine proteinhaltige Umhüllung haben. Chylus.

709. In der Verdauungszeit ist der chylus weisser gefärbt, bei fastenden Thieren ist er hell.

710. Ausser den Fettkügelchen enthält der chylus, wie jede Lymphe, kernhaltige Lymphkörperchen ($^1/_{250}$—$^1/_{500}$$^{'''}$), welche mit den weissen Blutkörperchen (p. 232) identisch sind. In der Lymphe fehlen wieder die Elementarkörnchen (Fettmoleküle) in der Regel ganz. — Dagegen finden sich neben den Lymphkörperchen Kerne, welche durch Berstung der Zellen auszutreten scheinen.

711. Man erhält den chylus am Besten aus dem ductus thoracicus, aus dem er im Strahle ausfliesst. Er ist meistens milchweiss, zuweilen graulich, zuweilen ganz durchsichtig, zuweilen etwas röth-

---

1) Mayer, Org. Bew. in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffw. Heilbr. 1845, und Archiv für phys. Heilk. X, p. 512.

2) H. Müller in Zeitschr. für rat. Med. 1845, p. 104.

Digitized by Google

lich und soll an der Luft diese Färbung noch leichter annehmen. Es wird ihm ein eigenthümlicher samenartiger Geruch zugeschrieben. Gerlach fand ihn jedoch bei einem Enthaupteten ganz geruchlos. Er schmeckt salzig und reagirt neutral oder alkalisch. Er enthält etwa 90% Wasser und 10% feste Stoffe und hat ein spec. Gewicht von 1,012—1,022.

712. Wird er hingestellt, so scheidet sich ein weicher, fast gallertartiger Kuchen und eine Flüssigkeit, in der ersterer schwimmt. Der Kuchen besteht hauptsächlich aus runden, $^1/_{250}$ bis $^1/_{500}$‴ grossen, hellen, granulirten, mit einem oder zwei Kernen versehenen Körperchen (Lymphkörperchen) und aus Faserstoff, — ausserdem finden sich auch im chylus eine sehr feinkörnige Masse, Fett und Blutkörperchen. Die Flüssigkeit, serum chyli, enthält Eiweiss und Salze, wie das Blut. In beiden, dem Kuchen und der Flüssigkeit, ist viel Fett, viel mehr als im Blute (H. Nasse).

Nach Quevenne (Gaz. med. 1854) enthält die menschliche Lymphe folgende Bestandtheile: Fibrin und Körperchen 0,063%, Fett 0,920%, Albuminnatron mit $^1/_{100}$% phosphorsauren Kalk 4,280%, Alkoholextract 0,390, Zucker 0,050, Chlornatrium 0,640, phosphorsaures und kohlensaures Natron 0,180, Wasser 93,477. — Nach Wurtz (C. r. 49) fehlt niemals Harnstoff.

713. Wenn der ductus thoracicus bei einem lebenden Thiere am Halse angestochen wird, so fliesst soviel Flüssigkeit aus, dass, wenn der Ausfluss ununterbrochen, gleich stark fortdauern würde, in 24 Stunden die Menge so viel betragen würde, dass sie $^2/_3$ der gesammten Blutmenge gleichkommen würde (Magendie, Bidder). Diese Ausflussmenge rührt indess natürlich nicht allein von den genossenen festen und flüssigen Speisen her, deren Quantität jener bei Weitem nicht gleichkommt, sondern auch von der Flüssigkeit, die überall im Körper transsudirt und wieder von den Lymphgefässen aufgenommen wird. Es ist übrigens immer sehr unsicher, von der Quantität, welche in einigen Minuten ausfliesst, auf die Gesammtmenge innerhalb eines ganzen Tages zu schliessen.

Unterschied von chylus und Magen- und Darminhalt.

714. Der chylus unterscheidet sich sehr wesentlich von dem Magen- und Darminhalte, und zwar durch folgende Eigenschaften: a) er gerinnt; ob das Pepton im Darme in Fibrin übergegangen, oder dieses sich erst neu gebildet hat, ist unermittelt; b) er hat bestimmt geformte Körperchen, die den Blutkörperchen nahe stehen; c) er scheint fettreicher, als der Inhalt des Magens und Darmes, dagegen ärmer an Zucker zu sein, der jedoch nach Trommer [1]) und Colin nie zu fehlen scheint.

1) Trommer in Ann. der Chemie XXXIX, 360.

Digitized by Google

715. Der Unterschied von chylus und Blut besteht darin, dass a) jener ungefärbte, dieses gelb gefärbte Körperchen enthält. Es kommen zwar auch im chylus Blutkörperchen vor, aber in so veränderlicher Menge, dass sie unwesentlich zu sein scheinen. Ob sie durch Zerreissung benachbarter Capillargefässe, durch Übergang von Capillargefässen in Lymphgefässe (?), oder durch Bildung aus dem chylus entstehen, ist unbekannt. Man hat beobachtet (Hewson, Tiedemann und Gmelin, Ecker), dass die aus der Milz kommenden Lymphgefässe röthlichen Inhalt führen; b) der chylus meistens reicher an Fett, ärmer an festen Substanzen, als das Blut ist. Nach H. Nasse enthält in 1000 Theilen: Unterschied von chylus und Blut.

	Pferdechylus.	Pferdeblut.
Wasser	935	810
Körperchen	4,0	92,8
Faserstoff	0,75	2,8
Eiweiss	31	80
Extractivstoffe	6,25	5,2
Fett	15	1.55
Salze	8	6,32
Eisenoxyd	Spuren	0,7.

Jedoch zeigen sich im chylus sehr grosse Schwankungen, und zwar im Wassergehalte zwischen 861 und 967, im Eiweisse zwischen 19 und 60, im Fette zwischen einer Spur und 36%; c) der Faserstoff des chylus ähnlicher dem Eiweisse ist und leichter in dasselbe umgesetzt werden kann, als der Faserstoff des Blutes. [1])

716. Zur Fortbewegung des chylus in den Chylusgefässen wirken erstens die Muskeln, welche bis in die Zotten hineinragen, s. p. 213 (Brücke), sie comprimiren und ihren Inhalt in die Chylusgefässe eintreiben können. Ich lege ferner auch auf die Muskelfasern, welche sich in der mittleren und äusseren Haut der Lymph- resp. Chylusgefässe finden, Gewicht, obgleich andere Beobachter, z. B. Funcke, diese Bewegungsquelle ganz von der Hand weisen. Ich habe nämlich öfters eine langsame Entleerung des Chylus bei Thieren nach dem Tode derselben gesehen, was wohl von keiner andern Ursache herzuleiten ist. Die Lymphgefässe enthalten zahlreiche Klappen, welche, wie die Venenklappen, in der Regel paarig sind, so dass zwei einander gegenüber stehen. Ihre concave Ausbuchtung ist gegen den ductus thoracicus hin gerichtet. Eine Zusammenziehung der Lymphgefässe muss daher den Inhalt gegen den Hauptstamm fortführen. — Ferner sind auch die Lymphdrüsen mit Muskelfasern versehen (Heyfelder)[2]).

1) Vgl. Marcæt in Ann. de chim. et phys. II. 52.
2) Heyfelder, Bau der Lymphdrüsen. Berlin 1851.

Digitized by Google

durch welche gleichfalls in demselben Sinne auf die Lymphe gewirkt werden kann. — Auch die Bewegung der umliegenden Muskeln ist von Einfluss (Ludwig und Noll). [1]) — Endlich mag auch die Ausdehnung der naheliegenden Arterien beim Pulsschlag noch einen Druck ausüben. Andere Ursachen, welche einen activen Druck auf die Lymphgefässe bewirken, sind nicht bekannt. Hingegen ist zu berücksichtigen, dass der Druck an der Ausflussmündung, d. h. an der linken vena subclavia beträchtlich geringer sein muss, als im Verlaufe der Lymphgefässe. Hauptsächlich macht sich dies bei der Inspiration geltend, während welcher der äussere Luftdruck sich verstärkt (s. p. 72) und daher eine vermehrte Ansaugung von Venenblut und Lymphe stattfindet. Eine Flüssigkeit fliesst aber von dem Orte höhern Druckes zu dem des niedern (s. p. 320); dazu kommt, dass die Geschwindigkeit in der engen Röhre des ductus thoracicus grösser sein muss. als in der grossen Zahl von Lymphgefässen, welche zusammen einen beträchtlich grössern Querschnitt haben (s. p. 307). Den Druck in dem rechten Lymphstamme des Halses untersuchte Krause [2]) und fand ihn nur 7—8 C.C. Quecksilber.

D. Ernährung.

I. Inbegriff.

Allgemeines. 717. Bei allen organischen Processen geben sich zweierlei entgegenstehende Einflüsse kund, an deren Bestehen der lebendige Zustand nothwendig geknüpft zu sein scheint. Während auf der einen Seite namentlich der Sauerstoff unaufhörlich neue Verbindungen und dadurch Zersetzungen einleitet, daher der Körper fortwährend seinem Untergange entgegengeführt wird, besteht andererseits ein Streben aller lebendigen Theilchen, ihre Gestalt und Form zu erhalten und wieder und wieder zu bilden. Die Zersetzungsproducte selbst aber entstehen allmählig eins aus dem andern, und indem sie sich entwickeln, finden molekulare Bewegungen Statt, welche der gestaltenden Thätigkeit wieder zu Nutzen kommen. Zu solchen molekularen Bewegungen gehören vor Allem Wärme und Elektricität. — Die Nahrungsmittel gewähren das Material, dessen sich die Körpertheilchen bemächtigen, um daraus sich unaufhörlich zu regeneriren. Aber nicht direct aus demselben entstehen die Organe, sondern es treten noch zwei Zwischenglieder auf, erstens das Blut, zweitens die aus den

1) Ludwig und Noll in Zeitschr. für rat. Med. IX, 52.

2) Krause, ebend. N. F. VII, 148.

Gefässen austretende Flüssigkeit, welche sich zwischen den Geweben überall verbreitet und ein mächtiges Reservoir bildet, in welchem sämmtliche Gewebe gebadet sind. Diese Flüssigkeit nennen wir organische Tränkungsflüssigkeit. Von ihrem Vorrathe, ihrer Reichhaltigkeit, ihren Bestandtheilen hängt die Ernährung wesentlich ab.

Unvergänglichkeit von Stoff und Kraft. Stoffwechsel.

718. Diese Flüssigkeit steht also einerseits in Beziehung zu den Gefässen und dem Blute, andererseits zu den Organtheilen, in welchen sie vorhanden ist. Aus dem Blute erhält sie beständigen Zufluss und in das Blut gibt sie wieder Stoffe ab, weil die feinen Gefässe gestatten, dass Flüssigkeit durch ihre Wandungen ein- und ausdringt. — Die Organtheile ersetzen sich aus ihr und wenn sie wieder zerfallen, treten ihre Producte zu ihr hin. — Ob sie sich, abgesehen von diesen auf sie einwirkenden Agentien, übrigens ganz passiv verhält, oder sich auch schon zersetzt, ist zwar nicht mit Schärfe bis jetzt dargethan. Wahrscheinlich jedoch ist es, dass auch sie dem Andringen des O nicht zu widerstehen vermag, [1]) mit andern Worten, dass die Zersetzungsproducte der Tränkungsflüssigkeit theils aus ihr selbst entstehen, ohne dass sie zuvor in organisirte Gewebe umgewandelt wurde, theils aus den letztern hervorgehen. — Nicht alle Gewebtheile werden, nachdem sie organische Form angenommen haben, zersetzt und flüssig, vielmehr können auch ohne eine solche Auflösung Theile für den Organismus zu Grunde gehen, so z. B. stösst sich die Oberhaut, welche aus Zellen gebildet ist, als solche ab. — Sehen wir von dieser Art von Auswurfsstoffen ab, so sind es vorzugsweise zwei Producte, welche schliesslich den Körper verlassen, nämlich Kohlensäure und Harnstoff. Kohlensäure kann man als Verbrennungsproduct von O und C betrachten. Das Entstehen des Harnstoffs hingegen ist noch dunkel. Damit diese und alle übrigen minder belangreichen Auswurfsstoffe zu Stande kommen, wechseln die Elemente der Körper, welche durch Nahrung und Luft in den Organismus gelangen, ihre Form, indem sie sich anders gegen einander lagern und so eine Menge von neuen Stoffen bilden. Der sogenannte Stoffwechsel ist also eigentlich nur ein Wechsel der Form der unveränderlichen, unzerstörbaren Elemente. — Während aller dieser Umwandlungen entfalten sich verschiedene Kräfte, die ebenfalls wie die Materie nur ihre Form ändern, aber selbst unvergänglich sind. Wie eine Kraft niemals aus Nichts entstehen kann, wird sie auch niemals vernichtet und es sind überall, wo Kraft ver-

1) Manche Physiologen, wie Bischoff, glauben, dass alle assimilirte Flüssigkeit zuvor zu Organtheilen umgewandelt wird.

Digitized by Google

loren zu gehen scheint, nur Umsetzungen der einen Form von Kraft in eine andere. So kann Wärme, welche gleichfalls nur als ein molekularer Bewegungszustand der Materie, also als Kraft zu betrachten ist, in mechanische Arbeit sich umsetzen und umgekehrt, — wie zuerst Mayer nachgewiesen hat. [1])

Aufgabe der Ernährungslehre.

719. Die Aufgabe der Lehre von der Ernährung ist es, die Lagerungsverschiedenheit in den Atomen der organischen Stoffe, sowie die Umwandlung der Kräfte zu studiren, um die Brücke kennen zu lernen, welche zwischen den Nahrungsmitteln und der eingeathmeten Luft einerseits und den Excreten andererseits liegt.

Die Kohlensäure-Bildung.

720. Von den Auswurfsstoffen leistet ohne Zweifel die Kohlensäure dem Organismus die meisten Dienste; was man daraus schliessen kann, dass zu ihrer Bildung das grösste Bedürfniss vorhanden ist. Während des Hungerns muss der Körper von seinen Theilen abgeben, um CO^2 zu bilden. Boussingault gab einer Turteltaube eine bestimmte Menge Hirse, liess das Thier über eine Woche hungern, gab ihr dann dieselbe Menge Hirse als zuvor. Die abgesonderte Kohlensäure wuchs hiernach rasch, während das Körpergewicht noch sehr lange unter dem frühern zurückblieb. Wenn Thiere zu ihrer Nahrung blos Fleisch erhalten, so brauchen sie eine sehr grosse Menge, um nur die genügende Quantität von Kohlenstoff daraus schöpfen zu können. Füttert man dasselbe Thier mit Fleisch und Fett, so reicht wegen des Kohlenreichthums des letztern eine absolut viel geringere Menge schon hin, ohne Gewichtsabnahme zu bewirken. Bischoff und Voit [2]) fütterten einen Hund von ungefähr 68 Pfd. mit reinem Fleisch, dann wieder mit Fleisch und Fett. — Um unter ersterer Bedingung nichts von seinem Körper zu verlieren, sondern manchmal noch Fleisch anzusetzen, gebrauchte er mindestens täglich 1500 Grm., welche enthalten: 61 N 187,8 C. — Weniger Fleisch resp. weniger C reichte nicht aus, sondern das Thier verlor. — Wurde Fleisch mit Fett verbunden, so genügten täglich 500 Grm. Fleisch uud 250 Grm. Fett.

	Jenes enthält	20 N	62 C;
	dieses „		197 C.
Die ganze Masse	„	20 N	259 C.

Derselbe Hund wurde auch vollständig ernährt mit

500 Grm.	Fleisch; mit	20 N	62	C, und
300 „	Zucker „		171,8	C,
	zusammen	20 N	233,8	C.

1) Man vgl. Mayer in Ann. der Chem. und Phys. 1842. — Joule in Philos. Magaz. XXIII. 1843. — Helmholtz, Erhaltung der Kraft. Berlin 1847.

2) Bischoff und Voit, Ges. der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig und Heidelb. 1860.

Digitized by Google

Über die Quantität von Kohle, welche durch die Nahrungsmittel in den Körper gebracht wird, hat bei Individuen verschiedener Länder Playfair [1]) ausführliche Untersuchungen angestellt. Als Mittel aus allen Provinzen Englands ergab sich der wöchentliche Verbrauch von 1795,68 Grm., und das Verhältniss von C in den proteinhaltigen Nahrungsmitteln zu dem in den stickstofflosen war = 1 : 4,85. Der Verbrauch bei den Esquimaux, Hottentotten, Buschmännern, Jakuten war ungleich grösser.

721. Neben der Kohle, welche dem Körper zugeführt werden muss, ist auch der Stickstoff in der Form der Proteinsubstanzen absolut erforderlich. Es ist wahrscheinlich, dass er in zweierlei Weise wirksam ist, einmal um die Organe wieder zu bilden, dann aber, um die Verbindung des O mit C zu CO_2 einzuleiten. Wenn man bedenkt, wie lange reines Fett, reiner Zucker sich unzersetzt erhalten, und wie rasch sie sich umsetzen unter Zusatz von stickstoffhaltigen Substanzen, so scheint die Annahme gerechtfertigt, dass auch die Proteinkörper im Organismus eine solche Contactwirkung auszuführen vermögen. Wenn man andererseits erwägt, wie langsam der Wiederersatz verlorener Theile, wie langsam im Ganzen das Wachsthum vor sich geht, so wird man zu der Ansicht gedrängt, dass der Verbrauch des Stickstoffes, um diese Contactwirkung zu erzeugen, sehr gross und vielleicht grösser ist, als der Verbrauch des Stickstoffs für den Ersatz. Unter normalen Verhältnissen, unter welchen Nahrung genug in den Körper gelangt, also Vorrath von Tränkungsflüssigkeit überall vorhanden ist, mag diese ausreichen, um die Contactwirkung vollständig zu erzielen, und die festen Organtheile werden zu diesem Zwecke nicht angegriffen, sie unterliegen vielmehr nur der langsamern Zersetzung durch den Zutritt von O. Wird aber dem Körper keine Nahrung zugeführt, so müssen alsbald die schon organisirten Theile Stoff hergeben, um zur Bildung der CO_2 mitzuwirken. — Durch Hungern müssen daher auch die Muskeln an Masse verlieren und da sie die Organe sind, durch welche die Bewegung ausgeführt wird, so tritt endlich ein Zeitpunkt ein, in welchem die Respirationsmuskeln und das Herz nicht mehr eine solche Bewegungsquantität hervorzubringen vermögen, dass genug O zutreten und CO_2 sich bilden kann. Es erfolgt der allgemeine Tod. [2])

Stickstoff.

---

1) Playfair, Proceed. of the royal inst. of Great Brit. 1853, The Edinb. new phil. journ. 1854, LVI, und Pharmaceut. Centralblatt 1854.

2) Der Ausdruck: allgemeiner Tod bedarf einer Erklärung. Man bezeichnet damit zunächst das Aufhören der Thätigkeit des verlängerten Markes, in welchem zwei Hauptfunctionen ihren Sitz haben, die Respiration und das Gefühl. Sobald das Athmen aufhört und kein Zeichen von Gefühl sich kund gibt, nimmt

Digitized by Google

Wärme. 722. Während Wasser und Kohlensäure im Körper sich bilden, wird Wärme frei. Jedenfalls ist dieselbe zum Fortbestande des Lebens von der grössten Wichtigkeit. Die Natur hat mit so ängstlicher Sorgfalt für das Gleichbleiben der Eigenwärme der warmblütigen Thiere Einrichtungen getroffen, und an das Dasein derselben so enge alle Lebensverrichtungen geknüpft, dass es absurd wäre, anzunehmen, die Wärme sei ein zufälliges Nebenproduct der Kohlensäure- und Wasserbildung und habe keinen vorwiegenden Zweck zur Lebenserhaltung. Ob aber die Entstehung von Wärme der einzige Zweck der Bildung von CO^2 ist, oder ob nicht noch andere Zwecke damit erreicht werden, darüber lässt sich mit Bestimmtheit noch nichts aussagen.

Respiration. 723. Die Entstehung der CO_2 ist nur möglich durch den Zutritt des O, dieser aber wiederum, den normalen Zustand der Lungen vorausgesetzt, abhängig von den Athembewegungen und diese vom Centralnervenorgan der Respiration, dem verlängerten Marke. Die Thätigkeit des verlängerten Markes sowie der Athemmuskeln werden also den grössten Einfluss auf die Bildung der CO^2 üben. Nun wirkt aber auch der Grad der Regsamkeit des Gefühls mächtig auf das verlängerte Mark ein, denn dasselbe ist die hauptsächlichste Quelle des Gefühls. Das Gefühl muss mithin gleichfalls in einem guten Zustande sein, wenn der Zutritt des O und somit der Stoffwechsel nicht leiden soll. Wenn wir aber von krankheiterregenden Veranlassungen absehen, so wird der gute Zustand der Gefühlsnerven und ihres Centralorgans durch ausreichende Zufuhr von Nahrungsstoffen erhalten. Während also auf der einen Seite der eingeathmete, mit dem Blute und den Organtheilen gemischte Sauerstoff durch seine

---

man dies als die wesentlichen Kennzeichen des allgemeinen Todes an. Etwas weiter gehend, wird auch das Aufhören des Herzschlages gefordert. Das Herz kann noch pulsiren, während die Respiration schon erloschen ist. Die Muskelnerven und Muskeln behalten noch viel länger bei warmblütigen Thieren ihr Leben, als das Herz. — Auch die Drüsen sterben noch nicht ab, wenn Respiration, Gefühl und Cirkulation geendet haben. Durch Reizung des n. lingualis sah Ludwig noch Speichel sich absondern, ohne dass das Herz mehr schlug. — Cl. Bernard [1]) leitete einen Wasserstrom durch die Vena portarum eines eben getödteten Hundes, entfernte dadurch alles Blut, das Organ war blass geworden, von Zucker war in dem ausfliessenden Wasser keine Spur mehr. 24 Stunden später hatte sich wieder Zucker gebildet, das durchgespritzte Wasser konnte durch Hefe zur Gährung gebracht worden. — Magendie [2]) gibt an, dass auch die Absonderung des Schleims einige Zeit nach dem Tode noch fortdauere, ohne weitere Belege dafür zu erwähnen.

1) Cl. Bernard in Compt. r. XLI. 1855.

2) Magendie, Physiol., übers. von Heusinger, II, 11.

Digitized by Google

Verbindungen die ursprüngliche Mischung, Cohäsion, Gestalt aufhebt, und eben durch dieses Zersetzungsstreben eine Aufgabe der lebendigen Natur erfüllt, bauen die Nahrungsmittel im Bunde mit der ihrem Wesen nach noch unerklärten bildenden und formenden Thätigkeit der lebenden Körper die Unterlage, auf welcher der Sauerstoff zu seiner Beute gelangen kann, unaufhörlich. So fördern und unterhalten sich zwei mit entgegengesetzten Tendenzen versehene Kräfte.

724. Die Leistungsfähigkeit der die Respiration veranlassenden und ausführenden Organe wird ohne Zweifel je nach dem zur Disposition stehenden Material vermehrt und vermindert. Darnach richtet sich die Menge des eingeführten Sauerstoffs. In einem Körper, welchem die ausreichende Nahrung nicht zukommt, nimmt das Nahrungsbedürfniss verhältnissmässig ab, nicht zu. Denn der Abzug von Stoff setzt die Leistungsfähigkeit der Respirationsmaschine herab, die Sauerstoffmenge mindert sich, es kann weniger zersetzt werden, das Bedürfniss, d. h. das durch das Gefühl des Mangels erzeugte Streben, sinkt. — Sobald hingegen mehr Stoff im Körper ist, als durch den Sauerstoff zersetzt werden kann, so erfolgt bei gutem Verhalten der Gewebe Ansatz. Wenn also in 24 Stunden von einem Erwachsenen 500 Grm. Sauerstoff in das Blut gebracht würden, so brauchte er dazu 187,5 Grm. Kohle, um allem diesem Sauerstoff die nöthige Menge zur Bildung von CO_2 zu bieten. Um diese Quantität O in den Körper zu führen, ist eine gewisse Anzahl von Contractionen in den Athemmuskeln u. s. w. nothwendig, welche von der Stätigkeit im verlängerten Marke angeregt werden müssen.

Ist die Grenze erreicht, an welcher nicht mehr O eingeführt werden kann, und ist noch Nährstoff genug vorhanden, so können zweierlei Folgen eintreten. Entweder wird die Kohle im Körper aufgespeichert. Dies geschieht durch den wichtigsten Repräsentanten der Kohle im Thierkörper, nämlich das Fett. Oder die bildende Kraft bekommt die Überhand, es nimmt die Masse der Organtheile zu, die Muskeln werden faserreicher, das Epithel wird dichter, [1]) die Blutmenge wird grösser u. s. w. Aber eben dadurch, dass mehr gebildet wird, nimmt nun auch wieder das Leistungsvermögen des Respirationsapparates zu, und bei derselben Nahrungsmenge, bei welcher vorher der Körper ansetzte, erfolgt diese Wirkung nicht mehr, es bedarf nun einer Vermehrung von Nahrung, um von Neuem Ansatz

1) Bei schlecht ernährten Menschen findet man häufig Abnahme der Dichtigkeit der Nägel, sie werden nicht nur durchsichtiger, sondern biegen sich viel leichter und sind zerreissbarer. Auch das Spalten der Haare scheint oft hierin begründet.

Digitized by Google

zu erzielen; was durch die Versuche von Bischoff und Voit aufs Eklatanteste nachgewiesen ist. — Dies hat aber auch seine Grenze. ein Thier, welchem man seine Ration immerfort vermehrt, verweigert die Nahrung, d. h. es hat keinen Trieb mehr, eine grössere Menge zu nehmen. Der Trieb richtet sich hauptsächlich nach dem Bedürfnisse: das Bedürfniss ist, wie gesagt, vom Gefühle des Mangels abhängig. Der Mangel hat aber eine zweifache Grundlage. Es ist entweder Mangel, weil der Sauerstoff mehr verbrannt hat, als Verbrennungsmaterial von Aussen geliefert worden ist, oder zweitens, weil die bildende Thätigkeit einen grossen Verbrauch nöthig hat. Das letztere ist um so mehr der Fall, je jünger das Individuum ist. Die Muskeln eines neugeborenen Kindes setzen in einem Jahre mehr als 100 Mal soviel an, als die Muskeln eines dreissigjährigen Mannes. Das Leistungsvermögen der Muskeln von jenem und des Körpers überhaupt ist verhältnissmässig viel grösser, als bei diesem. Hiernach richtet sich aber wieder die Menge des O und der ausgeathmeten CO^2, s. p. 112.

725. Nach den obigen Erörterungen lässt es sich nicht durchführen, die Proteinsubstanzen als plastische, und die stickstofflosen als Respirationsmittel anzusehen (Liebig), [1]) da auch die Proteinsubstanzen zur CO^2-Bildung verwandt werden können, da der Gebrauch des Stickstoffs im Körper nicht allein zu der Bildung der Organe bestimmt ist, da endlich aus Proteinsubstanzen sogenannte Respirationsmittel wie Fett und Zucker im Körper sich bilden. — Nichtsdestoweniger mag unter normalen Verhältnissen die ausgeathmete CO^2 vielleicht ganz oder doch zum überwiegend grössten Theile aus den Kohlenhydraten und dem Fette abstammen. Liebig stellte von den wichtigsten Nahrungsmitteln das Verhältniss der plastischen und stickstofffreien Substanzen zusammen, jene auf die gleiche Zahl 10 reducirend.

Es enthält auf	plastische	stickstofffreie Nahrungsmittel (Kohlenhydrate)
Kuhmilch	10	30
Frauenmilch	10	40
Linsen, Bohnen, Erbsen	10	21. 22. 23
Weizenmehl	10	46
Hafer-, Roggenmehl, Gerste .	10	50. 57
Reis	10	123
Weisse Kartoffeln	10	86
Blaue „	10	115

1) Liebig, Chem. Briefe 1851, p. 463.

Digitized by Google

	plastische	stickstofffreie Nahrungsmittel (Kohlenhydrate)
Ochsenfleisch	10	17 (7,08 Fett)
Hasenfleisch	10	2
Kalbfleisch	10	1

726. Während des Wachsthums wird durch die bildende Kraft mehr erzeugt, als durch den Sauerstoff zersetzt. Dies nimmt immer mehr ab. Es kommt eine Zeit, wo beide entgegenwirkende Einflüsse sich das Gleichgewicht halten. Der Körper bleibt sich im Ganzen gleich an Gewicht und Länge, was ungefähr in den 40er Jahren der Fall ist. Die bildende Kraft kann sich vermehren, wenn die Theile angeregt, gereizt werden. Es gibt aber auch Veranlassungen, welche sie herabsetzen, so z. B. werden die Muskeln durch übermässige Anstrengung geschwächt, das Gehirn durch deprimirende Gemüthsaffecte. Dabei leidet die bildende Kraft, ein Organ kann nicht mehr dem O hinlänglich wie vorher Widerstand leisten, es wird allmählig zerstört. Man kann sich leicht erklären, wie bei schlecht ernährten Körpern, sei es, dass viele Säfte verloren gegangen sind, oder dass eine Zeit lang eine zu geringe Menge von Nahrung oder eine unpassende Mischung derselben dem Körper gereicht wurde, jeder schädliche äussere Einfluss, selbst wenn er scheinbar gering ist, bedeutende Folgen nach sich zieht. Die tägliche Erfahrung lehrt, dass schlecht genährte Menschen leicht sich Erkältungen aussetzen, und allen krankheiterregenden Einflüssen viel weniger widerstehen, als gut genährte.

II. Erfordernisse der Ernährung.

Erfordernisse der Ernährung. 1) Ausreichende Nahrung und Luft. 727—730.

727. 1) Ausreichende Quantität und Qualität von Nahrungsmitteln (s. p. 138) und Luft. Man rechnet, das 6—7 Cubikmeter (= 194—226 pr. Cubikfuss) frische Luft jede Stunde für je einen Menschen vollkommen ausreichen (Peclet, Leblanc). Durch Versuche ist nachgewiesen, dass Thiere, welche bloss stickstofflose Substanzen, oder bloss stickstoffhaltige bekommen, ihr Leben für die Dauer nicht erhalten können. Hunde, welche bloss mit Zucker gefüttert wurden, waren in der ersten Woche munter und die Kost schien ihnen zu bekommen. In der zweiten Woche wurden sie magerer, verloren ihre Munterkeit, obwohl sie noch frassen; die Erscheinungen der Ermattung und Abmagerung nahmen in der dritten Woche immer mehr zu, die Esslust verging, es entstanden Geschwüre auf der cornea, der Tod erfolgte am 30. bis 32. Tage. Nach dem Tode fand man alles Fett aufgezehrt, die Muskeln hatten $^5/_6$ ihres gewöhnlichen Gewichts verloren. Die Gallen- und Harnblase fand man angefüllt mit Galle und Urin, der letztere reagirte, wie bei Pflanzenfressern, alka-

Digitized by Google

lisch und enthielt keine Harnsäure und keine phosphorsauren Salze (Magendie).[1]) Ebenso starben Hunde, welche bloss mit Olivenöl, Butter oder Gummi gefüttert wurden, ohne dass jedoch Geschwüre auf der Hornhaut entstanden waren. Auch bei Fütterung von Turteltauben mit Butter sah Letellier[2]) den Tod eintreten, ohne dass sich die Fettabsonderung vermehrte. Ferner sterben Thiere, welche mit reinem Eiweiss, mit reinem Faserstoff oder Leim gefüttert werden (Tiedemann und Gmelin, Magendie). Alle diese Thiere gehen eben so rasch zu Grunde, als wenn sie keine Nahrung erhalten hätten. — Es darf in einer ausreichenden Nahrung kein Stoff fehlen, welcher im Körper vorkommt, wenn nicht ein anderer in einen solchen umgewandelt werden kann. Man hat früher dem Leim für die Ernährung keinen besondern Einfluss zugeschrieben. Indess haben die Versuche von Bischoff und Voit[3]) ein anderes Resultat geliefert. Der in das Blut aufgenommene Leim wird alle in Harnstoff verwandelt und er kann einen Theil des Eiweisses ersetzen. So kommt z. B. eine Versuchsreihe (p. 226) vor, in welcher bei je 500 Grm. Fleisch und 200 Grm. Leim in 3 Tagen ein Hund um 316 Grm. zugenommen und 134 Grm. Fleisch angesetzt hatte, was niemals bei einer gleich grossen Menge von blossem Fleisch geschah. Für sich allein bleibt indess der Leim ein durchaus ungenügendes Nahrungsmittel. Obgleich nun wohl die Kohlensäure, welche wesentlich zum Organismus gehört, aus Proteinsubstanzen gebildet werden könnte, da diese die Elemente dazu enthalten, so muss man jedoch in Betracht ziehen, dass von denselben nur wenig in einer gewissen Zeit ins Blut übergeht, während viel Kohlensäure erzeugt werden muss. So athmet z. B. nach Boussingault[4]) eine Ente in einer Stunde mehr Kohlenstoff aus, als in derselben Zeit aus dem Eiweiss, mit dem sie gefüttert wird, Kohlenstoff ins Blut geführt werden kann. Boussingault hat bei Enten, die er vorher hungern liess, dann mit verschiedenen unvermischten Nahrungsmitteln fütterte und nachher tödtete, untersucht, wieviel von den gegebenen Stoffen nach einer Stunde sich noch im Darme fanden, und wieviel ins Blut übergegangen war. Es ergab sich daraus, dass ins Blut übergegangen waren:

von Fett	0,88 Grm.
„ gekochtem Eiweiss . .	1,25 „

1) Magendie, Phys., übers. von Heusinger, II, 380.

2) Letellier in Ann. de chim. et phys. XI, 483.

3) Bischoff und Voit, Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipz. und Heidelb. 1860.

4) Boussingault in Ann. de chim. et phys. 3. Sér. XVIII, 444.

Digitized by Google

von	Casein	1,37	Grm.
„	Rindfleisch	1,41	„
„	trockenem Käse	2,50	„
„	Reis	4,20	„
„	Leim	4,40	„
„	Stärkemehl	5,26	„
„	Zucker	5,62	„

Hingegen ist eine sehr geringe Menge einer stickstoffhaltigen Substanz, der grössern Menge stickstoffloser zugesetzt, im Stande, das Leben zu erhalten. Hunde leben Monate lang, wenn sie bloss Kartoffeln erhalten, so wenig Stickstoff diese auch führen (Boussingault), oder wenn sie Fett bekommen, welches noch von stickstoffhaltigen Fettzellen eingehüllt ist (Magendie). In folgender Tabelle [1]) findet sich der procentische Stickstoffgehalt der meisten Nahrungsmittel im getrockneten Zustande:

Hammel- und Rindfleisch . .	13—14%	nach	Schlossberger
Ei	13,44	„	„
Ochsenleber	10,66	„	„
Bohnen	5,1	„	Boussingault
Linsen	4,4	„	„
Erbsen	3,8	„	„
Kuhmilch	3,78	„	Schlossberger
Schilfroggen aus Hohenheim	2,78	„	Horsford
Schwarzbrod	2,63	„	Thompson
Möhren	2,4	„	Boussingault
Weissbrod	2,27	„	Thompson
Weizen und Hafer	2,2	„	Boussingault
Mais und Gerste	2	„	„
Kartoffeln	1,5	„	„
Reis	1,39	„	„

728. Durch wiederholte Erfahrungen hat es sich gezeigt, dass einförmige Kost, in welcher die constituirenden Theile des Organismus nicht repräsentirt sind, schädlich ist. [2]) Der englische Arzt W. Stark genoss 45 Tage lang bloss Brod und Wasser, und zwar vom Brode in den ersten 12 Tagen nur 20, in den folgenden 25 Tagen 30, in den letzten 8 Tagen 38 Unzen, nahm dabei 8 Pfund an Körper-

---

1) Schlossberger, Ann. der Chem. LII, 106. — Horsford, ebend. LVIII, 166. — Thompson, Lond. med. Gaz. 1843, p. 323.

2) Vgl. Burdach, Phys. V. — Boussingault in Ann. de chim. et phys. XII, 153. — Playfair, Philos. mag. XXII, 280. — Payen, Gasparin und Persoz in Compt. r. XVIII 245 u. 797.

Digitized by Google

gewicht ab. Sodann nahm er 4 Wochen Brod und Zucker, dann 3 Wochen Brod und Baumöl. Nach 8 Monaten starb er (K. F. Burdach). — Wenn Kaninchen den einen Tag Kartoffeln, den andern Gerste erhalten, so bleiben sie am Leben und nehmen zu; erhalten sie bloss Kartoffeln oder bloss Gerste, so sterben sie bei ersterer Nahrung früher, bei letzterer später (E. Burdach). — Wurden Kühe mit Rüben und Kartoffeln allein gefüttert, so magerten sie selbst bei grossen Quantitäten ab (Boussingault). Bischoff und Voit (l. c., p. 210) fütterten 41 Tage einen Hund mit 31608,2 Grm. Brod (täglich im Mittel 770,9), in welchem enthalten waren 405,29 N, 7700,54 C, 1093,78 H, 7059,53 O. Sein Gewicht war 35000 Grm. beim Beginne und 34410 Grm. am Ende der Fütterung, was nach Abrechnung des im Körper befindlichen Kothes einem Verluste von 531 Grm. gleichkommt. Der Hund erhielt soviel Brod, als er mochte. Die Ursache kann nur darin liegen, dass in einförmiger Nahrung einzelne Stoffe fehlen, welche der Körper für die Dauer nicht entbehren kann, und dass dieser mehr O empfängt, als die Nahrung zu verbrennende Substanzen liefert. Kaninchen bleiben dagegen vollkommen gesund, wenn man ihnen lediglich Kohl zu fressen gibt. Magendie fand, dass ein Hahn mit blosser Fütterung von Reis gedieh. — Viele Thiere, besonders niedere, geniessen stets dieselbe Nahrung. — Eine wahrscheinlich wichtige Rücksicht verdient der Gehalt von unorganischen Substanzen in den einzelnen Speisen.

729. Nach Chossat starben Tauben, welchen der Kalk zum Theil entzogen wurde, nach 7 bis 8 Monaten; zugleich stellten sich Diarrhöen ein, und die Knochensubstanz wurde so verdünnt, dass die Extremitäten brachen. In einem Versuche indess, welcher im physiologischen Institute in Bonn durch Dr. Neubürger angestellt wurde, fand sich, dass die Diarrhöen fehlten, wenn dem Thiere destillirtes (nicht kalkhaltiges) Wasser gegeben wurde, weil das Thier nicht so viel davon trank. — Die Knochen wurden zwar sehr verdünnt, aber das Thier starb noch nach 9 Monaten nicht. Boussingault[1]) fand, dass Thiere, denen Kochsalz in reichlicher Menge unter das Futter gegeben wurde, viel besser gediehen, als bei Entziehung desselben.

730. Der alleinige Genuss von erdigen Substanzen kann natürlich nicht nähren. Die sogenannten Erdesser am Orinoko und in Neuschottland essen Erde mit organischen Substanzen vermischt, um ihren Hunger durch Anfüllung des Magens zu stillen.

1) Boussingault in Ann. d. ch. et phys. 3. Sér. XIX, 117. — Vgl. auch Plouviez in Bullet. de l'acad. de méd. Par. XIV, 1077. — Dupasquier, Journ. de pharm. et ch. 3. Sér. IX, 339.

Digitized by Google

731. 2) Auflösung und Zertheilung der aufgenommenen Nahrungsstoffe. Von den drei hauptsächlichen Classen von Nahrungsmitteln werden a) die Proteinsubstanzen durch den Magensaft, und nach den Untersuchungen von Corvisart auch durch den pancreatischen Saft in eine leicht lösliche Substanz umgewandelt, Pepton, s. p. 174. 2) Verdauung der Nahrung.

Auch der Leim scheint in eine ähnliche Peptonsubstanz umgesetzt zu werden (Lehmann). Die modificirten Proteinsubstanzen, in ihrer Elementarzusammensetzung wahrscheinlich nicht von den unmodificirten verschieden (Lehmann), gehen in diese auch wieder über. Im Blute ist die ursprüngliche Form vorhanden.

b) Das Stärkemehl wird durch Mund- und Bauchspeichel, sowie durch Darmsaft in Traubenzucker umgesetzt. Das nicht verwandelte geht zum grossen Theil durch die Excremente ab.

c) Das Fett wird durch Galle und besonders durch pancreatischen Saft sehr fein zertheilt und gelangt als solches in die Darmzotten.

732. 3) Aufnahme und Fortleitung der so vorbereiteten Nahrungsstoffe bis zum Blute. Aus dem Dünndarme gehen die aufgelösten und fein zertheilten Stoffe durch die Zotten in die Lymphgefässe, den ductus thoracicus, die vena subclavia sinistra, also zum Blute der vena cava superior, die aufgelösten durch die Capillargefässe in die vena portarum, die Lebervenen und die vena cava inferior. Zu der durch die Lymphgefässe fortgeleiteten Flüssigkeit treten die weissen Blutkörperchen (s. p. 232), oder Chyluskörperchen hinzu, aus denen, wie einige Forscher annehmen, die rothen Blutkörperchen hervorgehen. 3) Aufnahme des chylus ins Blut.

733. 4) Ungestörte Blutcirkulation.

5) Bildende Kraft der Gewebtheile, die sogenannte Assimilation, zu deren Erhaltung Übung erforderlich ist. 4—6) Blutcirkulation. Bildende Kraft; Nervensystem.

6) Wahrscheinlich in den meisten Fällen der Einfluss des Nervensystems, s. Nervenphysiologie.

734. Zur Ernährung ist ferner ein gewisser Wärmegrad nothwendig, wie unter IV. E. erörtert wird. In wie weit das Licht einen Einfluss übt, darüber haben wir nur wenige Erfahrungen. Neuerdings hat Moleschott [1]) die Menge der CO_2 bestimmt, welche von Fröschen im Dunkeln und Hellen secernirt wird, das Verhältniss war $= 1 : 1{,}25$, so dass also im Hellen $^1/_4$ mehr CO_2 sich entleerte. Wenn auch bei erblindeten Fröschen die Menge etwas geringer war, Wärme. Licht. Elektricität.

1) Moleschott in Wiener med. Wochenschr. 1855, No. 43, und in dessen Unters. zur Naturlehre 1856, I. 15.

Digitized by Google

als bei gesunden Fröschen, so war doch die Einwirkung des Lichtes auf die Haut unverkennbar. — Es lässt sich wohl vermuthen, dass die elektrischen Ströme, welche sich im Körper entwickeln, s. u. IV. D, nicht ohne Einfluss auf die Ernährung sind. Jedoch sind in dieser Beziehung noch nicht genug positive Erfahrungen vorhanden. Wir wissen indess, dass die Elektricität in den Muskeln mit deren Erregbarkeit nach dem Tode gleichfalls zu Ende geht, dass bei kaltblütigen Thieren im Winter im Allgemeinen die Ströme an Intensität und Regelmässigkeit abzunehmen scheinen u. s. w. Dass der galvanische Strom auf das Blut wirkt, ist durch die Versuche von Brande, Gmelin, Golding-Bird und Wittich [1]) ermittelt. Eiweisslösungen werden durch den galvanischen Strom zum Gerinnen gebracht. Wenn das Eiweiss mit Alkali verbunden ist, so scheidet sich das Eiweiss am positiven, das Alkali am negativen Pole aus. Wenn das Eiweiss mit Säure verbunden ist, so tritt diese an den positiven Pol. — Die Gerinnung kommt aber im Blute nicht zu Stande, wenn überschüssige Alkalien das Eiweiss wieder lösen, wie es beim Kaninchenblut der Fall ist. — Wenn man in eine Vene des lebendigen Körpers Stahlnadeln in einiger Entfernung von einander einsticht, und sie mit den Polen einer galvanischen Batterie verbindet, so wird das Gefäss zum harten Strang, weil das Blut coagulirt. — Über den Einfluss der verschiedenen elektrischen Spannung in der atmosphärischen Luft auf den menschlichen Körper bestehen noch nicht genug positive Erfahrungen, obgleich viel darüber geschrieben worden ist. — Vgl. Gehler's phys. Wörterb.: Luftelektricität.

III. Beweise für den Stoffwechsel.

A. Inanition.

a) Inanition.

735. Versuche an hungernden Thieren (von Haller, Blundell, Piorry, Chossat, Boussingault, Marchand, Schmidt, Schuchardt, Bischoff, Voit) [2]) lehrten die beträchtliche Abnahme des Blutes. Durch die Bestimmungen von Chossat ergab sich, dass das

1) Wittich in Journ. für pr. Chemie 1857, LXXIII.

2) Man vgl. Tiedemann, Unters. über das Nahrungsbedürfniss, den Nahrungstrieb und die Nahrungsmittel des Menschen. Darmst. 1836. — Chossat, Rech. sur l'inanit. Par. 1843 (auch in den Ann. des sc. nat.). — Schuchardt, Diss. de effect., quem priv. sing. part. nutr. const. etc. Marb. 1847. — Bidder und Schmidt, Verdauungssäfte, p. 308. — Boussingault in Ann. de chim. et phys. 3. Sér. XIX, 117. — Bischoff und Voit, Ges. der Ernährung des Fleischfr. Leipz. u. Heidelb. 1860.

Digitized by Google

Blut 75% seiner normalen Quantität verliert, das Fett 93, die Milz 71, das pancreas 64, die Leber 52, das Herz 44, die Därme und äussern Muskeln 42, der Magen 39, der pharynx und oesophagus 34, die Haut 33, die Nieren 31, die Athmungswerkzeuge 22, die Knochen 16, die Augen 10, das Nervensystem hingegen nur 1 Procent. Die auffallende Erscheinung, dass das Nervensystem hungernder Thiere so wenig Stoff einbüsst, liefert nicht nothwendig einen Beweis, dass der Stoffwechsel im Nervensystem sehr unbedeutend ist, sondern kann auch, und zwar mit grosser Wahrscheinlichkeit, dahin erklärt werden, dass das Nervensystem in seiner Fähigkeit, sich aus dem Blute zu ergänzen, alle übrigen Organe übertrifft und daher so lange in seiner Integrität bleibt, bis der grösste Theil vom Fette und Blute aufgezehrt ist. Wenn dem Körper die Nahrung entzogen wird, erfolgt der Tod bei Säugethieren schon, nachdem $^1/_3$ bis $^2/_5$ des Körpergewichts aufgezehrt sind (Chossat). Nach dieser Berechnung würde ein erwachsener Mensch von 130 Pfund nach Verlust von 46—52 Pfd. Hungers sterben.

736. Im Mittel verliert ein Säugethier täglich $^1/_{25}$ seines Körpergewichts, wenn es hungert (Chossat); Bidder und Schmidt fanden bei zwei Katzen, welche jedoch etwas Wasser erhielten, einen täglichen Verlust von 2,87% und 2,215%; auf den Menschen angewendet, würde dieser täglich etwa 5 Pfund verlieren und nach 9 bis 10 Tagen sterben müssen, wenn die Chossat'schen Beobachtungen zu Grunde gelegt werden. — Dies ist auch die gangbare ältere Annahme (Burdach). — Nach den Beobachtungen von Bidder und Schmidt an Katzen verliert beim Hungern der Körper täglich ungefähr 73% an Wasser, 20% an Kohlenstoff, 0,46% an Wasserstoff, 3% an Stickstoff, 1,8% an Sauerstoff.

737. Die Gewichtsabnahme eines hungernden Thieres erklärt sich dadurch, dass Urin, Excremente, Kohlensäure bis zum Tode entleert werden. — Die Leistungsfähigkeit aller Respirationsapparate muss abnehmen, da das Nahrungsmaterial mangelt. Eine Folge davon ist die geringere Aufnahme von O, die Verminderung von CO_2. Da nach Chossat's Beobachtungen die Körpertemperatur nur wenig sinkt (s. u. Wärme), so folgt von vornherein, dass dieselbe in einem gewissen Verhältniss zum Körper stehen muss. Schmidt fand in der That, dass in den ersten 8 Tagen auf dieselbe Körpergewichtseinheit einer 18 Tage lebenden Katze dieselbe Menge von C kam, welche exspirirt wurde; später aber, vom 8. bis 16. Tage, sank die CO_2-Ausscheidung weniger, als das Körpergewicht. — Aus allen Versuchen der verschiedenen Beobachter ergab sich, dass die Abnahme des Körpergewichts jeden Tag geringer war, als den Tag vorher. Dies hängt wieder damit zusammen, dass der Respirationsapparat jeden

Digitized by Google

Tag kleiner wird, daher die Menge des aufzunehmenden O geringer. Ist ein Thier vor dem Hungern besser genährt gewesen, als ein anderes, so dass dort mehr Angriffspunkte für das O vorhanden waren, so nimmt das Gewicht am ersten Tage dort mehr ab, als bei dem schlechter genährten. Dies zeigen einige Versuche von Bischoff und Voit. In dem Versuche *A* hatte der Hund reiche Fleischnahrung, in dem Versuche *B* eine 7tägige Fütterung von 1800 Grm. Fleisch und 250 Grm. Fett erhalten, so dass er also besser als im ersten genährt war; im Versuche *C* hingegen war er nur spärlich gefüttert worden.

Gewicht des Thieres in Grammen.			Unterschied des Verlustes zwischen zwei Tagen.		
A	*B*	*C*	*A*	*B*	*C*
33310	40460	32850			
			590	620	470
32720	39840	32380			
			580	490	480
32140	39350	31900			
			520	590	
31620	38760				
			510	410	
31110	38350				
			360	390	
30750	37960				

Die Gesammtabnahme am ersten Tage war auch in Schmidt's Versuchen die stärkste; die bedeutende Verminderung in *A* am 6. Tage rührt davon her, dass am 5. Tage 630 Grm. Wasser getrunken und am 6. Tage mehr Urin entleert wurde. — Nach den Beobachtungen von Schmidt sinkt der Harnstoff am Meisten in den drei ersten Hungertagen, bleibt dann bis zum 16. Tage dem Gewichtsverlust proportional und sinkt, wie die CO_2 an den zwei letzten Tagen unverhältnissmässig stark. Am 1. Hungertage wurden entleert 7,903 Grm. Harnstoff von einem Körpergewicht von 2464, d. h. auf 1 Kilo Thier 3,473 Grm. Harnstoff. Am letzten Tage entleerte 1 Kilo Thier nur 0,597 Grm. — In den 18 Tagen der Inanition wurden ausgeschieden 65,928 Harnstoff und 190,78 Grm. Kohle. Wenn sich diese Quantität gleichmässig auf alle Tage vertheilte, so würden auf jeden Tag 3,662 Grm. Harnstoff und 10,59 Kohle kommen, auf drei Tage also 10,986 Ur. und 31,67 C, hingegen wurden in den drei ersten Tagen entleert 17,352 Ur. und 39,81 C. Es geht aus diesen Zahlen hervor, dass verhältnissmässig eine viel grössere Menge von Harnstoff als CO_2 während dieser Zeit den Körper verlässt. — In der Nacht verlor der Körper der hungernden Katze weniger, als während des Tages, so z. B. von Abends 10 bis Morgens 10 Uhr in drei folgenden Tagen 21,8. 18,7. 14,6; zusammen 55,1 Grm., hingegen von Morgens 10 bis Abends 10 Uhr an denselben Tagen 29,5. 28,6. 23,0;

Digitized by Google

zusammen 81,1 Grm. — An dem drittletzten Tage erblindete das Thier. Hier war der Unterschied geringer. — Boussingault fand, dass hungernde Turteltauben in der Nacht weniger C entleeren, als bei Tage, und Chossat, dass die Wärme um Mitternacht der um Mittag beträchtlich nachsteht.

738. Die Entziehung von Wasser zieht gleichfalls den Tod nach sich. Schuchardt nährte Tauben mit trockener Gerste, sie lebten 10—11 Tage, die Menge der genommenen Nahrung nahm im Ganzen immer ab, obwohl auch an manchem spätern Tage mehr, als an frühern verzehrt wurde. — Falk und Scheffer [1]) machten Versuche an Hunden, indem sie von zwei möglichst gleichen den einen tödteten und alle Organe wogen, dem andern alles Wasser entzogen und ihn nach 28 Tagen tödteten. Das Gewicht der Theile fanden sie bei dem letztern geringer, nur Milz, Augapfel und Gehirn waren noch schwerer, als die des nicht durch Wasserentziehung gestorbenen. Die Muskulatur hatte am Meisten verloren (76%). — Kunde hat an Fröschen zahlreiche Versuche angestellt. Waren sie drei Tage im Trocknen, so hatten sie 30% Körpergewicht verloren. Sobald der Verlust etwas über 30% gestiegen war, erfolgte der Tod. — Wenn Kunde den Thieren Kochsalz in den Magen, Mastdarm oder unter die Haut brachte, schieden sie grosse Menge von Flüssigkeiten durch die Haut ab, ihre Reizbarkeit wurde ungeheuer vermindert, die Krystalllinse trübte sich, endlich erfolgte der Tod. Analoge Resultate, besonders auch Linsentrübung, erhielt Köhnhorn, welcher im Greifswalder Institute Beobachtungen anstellte. — Wie Kochsalz wirkt nach Kunde auch salpetersaures Natron, mit Ausnahme der Linsentrübung auch Salpeter, Zucker, Harnstoff.

B. Wachsthum.

739. Im gesunden Leben nimmt bis zu einem gewissen Alter der Körper zu, er wächst, — in dem darauf folgenden Alter verändert er sich unbedeutend, und endlich nimmt er ab. b) Wachsthum.

740. Nach Quetelet [2]) ist das Gewicht des Körpers

---

1) Falk und Scheffer in Archiv für phys. Heilkunde 1852, XIII, 508. — Kunde in Zeitschr. für wiss. Zool. VIII, 466. — Köhnhorn, Diss. de cataracta aquae inopia effecta. Gryph. 1858.

2) Quetelet, Sur l'homme. Brux. 1835. Deutsch v. Riecke. Stuttg. 1838.

Digitized by Google

	bei dem männlichen Geschlecht: in Kilogrammen.	bei dem weiblichen Geschlecht: in Kilogrammen.
nach der Geburt	3,20	2,91
im 1. Jahre . .	9,45	8,79
„ 3. „ . . .	12,47	11,79
„ 5. „ . . .	15,77	14,36
„ 7. „ . . .	19,10	17,54
„ 10. „ . . .	24,52	23,52
„ 20. „ . . .	60,06	52,28
„ 30. „ . . .	63,65	54,33
„ 40. „ . . .	63,67	55,23
„ 50. „ . . .	63,46	56,16
„ 60. „ . . .	61,94	54,30
„ 70. „ . . .	59,52	51,51
„ 80. „ . . .	57,83	49,37
„ 90. „ . . .	57,83	49,34

Unmittelbar nach der Geburt nimmt das Gewicht des Kindes in der Mehrzahl der Fälle etwa bis zum 11. Tage ab, häufiger ist dies bei Knaben als Mädchen und häufiger bei künstlicher Fütterung als bei Gebrauch der Muttermilch der Fall. Die Abnahme beträgt etwa $^1/_{18}$ des Gesammtkörpergewichts (Breslau). [1])

741. Hinsichtlich der Körperlänge ergibt sich ein ähnliches Verhältniss. Bei beiden Geschlechtern geht das Wachsthum fort bis zum 30. Jahre, dann bleibt es stehen, und im 50. Jahre ist das Mass der Körperlänge geringer, als im 40. Jahre. Ein neugeborner Knabe misst $^1/_2$ Meter (1 Meter = 3 Fuss 2 Zoll 2,8 Linien rheinländisches Mass), ein neugebornes Mädchen 0,49 Meter.

Im	5.	Jahre misst der männl. Körper	0,98;	der weibl.	0,97
„	10.	„ „	1,27	„	1,24
„	20.	„ „	1,67	„	1,572
„	30.	„ „	1,68	„	1,579
„	40.	„ „	1,68	„	1,579
„	50.	„ „	1,67	„	1,53
„	60.	„ „	1,63	„	1,516
„	70.	„ „	1,62	„	1,514
„	80.	„ „	1,61	„	1,506
„	90.	„ „	1,61	„	1,506

742. Diese Zahlen lehren: a) dass der menschliche Körper ungefähr bis in das 50. Jahr im Stande ist, nicht nur so viel, sondern noch mehr neuen Stoff zu bereiten, als die Zersetzung ihm entführt;

1) Breslau in Denkschrift der med. chir. Gesellsch. des Kantons Zürich. Zür. 1860, p. 111.

b) dass diese Bildung im ersten Lebensjahre am Stärksten, dann aber in einer Abnahme begriffen ist. Während im ersten Jahre für den Körper ungefähr 12 Pfund acquirirt werden, gehen noch vier Jahre hin, bis die andern 12 Pfd. dem Körper zuwachsen. Von da an bis zum 20. Lebensjahre kommen ungefähr auf jedes Jahr 6 Pfd. Bemerkenswerth bleibt, dass der Körper vom 10. bis 20. Jahre, in welche Zeit die Pubertät fällt, beträchtlich mehr an Gewicht zunimmt, als das Doppelte der Gewichtszunahme vom 5. bis 10. Jahre beträgt; c) dass das Wachsthum hingegen in einer stets vermehrten Abnahme begriffen ist; von der Geburt bis zum 1. Jahre wächst der Mensch ungefähr $7^1/_2$ Zoll, vom 1. bis 5. Jahre nur 11 Zoll, also für das Jahr $2^1/_5$ Zoll, vom 5. bis 10. nur 10,9 Zoll, vom 10. bis 15. nur 10,3 Zoll, vom 15. bis 20. nur 4 bis 5 Zoll und vom 20. bis 30. Jahre noch nicht $^1/_2$ Zoll; d) dass das weibliche Geschlecht geringeres Körpergewicht und geringere Körperlänge als das männliche hat.

743. Einen sehr bedeutenden Einfluss auf das Wachsthum hat die zureichende Menge von Nahrung. Quetelet macht auf die Beobachtungen aufmerksam, nach welchen die Körperlänge von Wohlhabenden im Allgemeinen grösser, als von Armen ist. Man sieht dies auch bei Thieren. Ich habe von sechs gleich grossen und gleich schweren jungen Enten drei einem armen Manne 8 Wochen lang zur Pflege gegeben, die drei andern eben so lange, aber reichlich gefüttert. Jene waren beträchtlich kleiner geblieben, sowie auch ihr Körpergewicht eine Differenz von 4150 Grm. ergab.

744. Dieselbe auf- und absteigende Bewegung zeigt auch im Allgemeinen, während des Lebens, das Gehirn, von dem ausgedehntere Untersuchungen vorliegen, wahrscheinlich aber auch die andern Organe.

745. Nach einer Zusammenstellung (Huschke) [1]) der Gehirnwägungen, welche Sims, Reid, Peacock, Tiedemann, Parchappe, Huschke gemacht haben, ist das Gewicht im Mittel:

Jahre.	Männliches Geschlecht.	Weibliches Geschlecht.
10 — 19	1411 Grm.	1219 Grm.
20 — 29	1419 „	1260 „
30 — 39	1424 „	1272 „
40 — 49	1406 „	1272 „
50 — 59	1398 „	1239 „
60 — 69	1291 „	1219 „
70 — 79	1254 „	1186 „
80 — 89	1303 „	898 „

1) Huschke, Schädel, Hirn und Seele des Menschen und der Thiere. Jena 1854, p. 61.

Digitized by Google

In beiden Geschlechtern nimmt das Gewicht also bis zum 40. Jahre zu, dann ab. Die erneute Zunahme des Gehirngewichts bei Männern nach dem 80. Jahre darf man nicht besonders berücksichtigen, da nur das Mittel aus acht Fällen vorliegt, von denen sogar einer (von Tiedemann) das entgegenstehende Resultat gab.

746. Das kleine Gehirn wiegt im Mittel, nach Huschke:

Jahre.	Männliches Geschlecht.	Weibliches Geschlecht.
17 — 19	154,40 Grm.	— Grm.
20 — 29	167,46 „	128 „
30 — 39	159,6 „	130 „
40 — 49	153,5 „	131,5 „
50 — 59	141,2 „	155,5 „
60 — 69	153,6 „	130,5 „
70 — 84	157,5 „	132,9 „

747. Das Herz nimmt an Grösse das ganze Leben hindurch zu, am Stärksten bis zum 29. Jahre (Bizot, [1]) Hasse). [2]) Die Ostien werden nach Bizot immer weiter, die Ventrikelwandungen dicker. Hasse fand bei weiblichen Individuen die Dicke der Wandungen im Mittel zwischen 30—39 Jahren $1^3/_5'''$, 60—69 $1^2/_3'''$, 70—79 $1^1/_2'''$.

748. Im weiblichen Geschlechte wiegt zwischen 25. und 55. Jahre

	im Mittel:	im männlichen:
das Herz	280 Grm.	— 345 Grm.
die Leber	1414 „	— 1490 „
die rechte Niere	137 „	— 182 „
die linke Niere .	163 „	— 200 „

C. Regeneration.

c) Regeneration.

749. Es ist eine alte Erfahrung, dass, wenn der Zusammenhang eines Körpertheils aufgehoben oder ein ganzer Theil entfernt worden ist, ein Ersatz oder eine Neubildung möglich ist (Réaumur, O. F. Müller, Bonnet, Trembley, Spallanzani u. A.). Die erstere Erscheinung heisst Regeneration, die zweite Reproduction.

Im menschlichen Körper gibt es nur wenige Theile, welche sich regeneriren oder reproduciren können. Unter den Amphibien erzeugen Salamander den abgeschnittenen Schwanz und die Beine wieder, Froschlarven den Schwanz und die Beine, Tritonlarven die Kiemen, Eidechsen den Schwanz, aber ohne Verknöcherung der Wirbel. Sogar

1) Bizot, Mém. de la société méd. de Toulouse, I, 261.

2) Hasse, Pathol. Anat. I, 198. — Vgl. auch Clendinning in med. chir. Transact. 1838. — Gluge, Pathol. Histol. Jena 1850.

Digitized by Google

reproduciren sich Theile des Auges, Hornhaut, iris, Linse bei Salamandern, wenn der Sehnerve noch unverletzt geblieben ist. — Bei Fischen reproduciren sich die Flossen. — Bei Schnecken reproducirt sich der grösste Theil des Kopfes, wenn das Schlundnervenganglion unverletzt geblieben ist; bei Krebsen die Scheeren; bei den Naiden unter den Ringelwürmern aus jedem Querschnitte, bei Polypen aus jedem Stücke ein ganzer Körper.

750. Die Regeneration beschränkt sich bei Menschen auf folgende Theile: a) Epidermoidalgebilde, epidermis, ephithelium, Nägel, Haare, so lange die matrix unversehrt geblieben ist.

751. b) Krystall-Linse; sie reproducirt sich, wenn die Linsenkapsel noch vorhanden ist. Bei gesunden Thieren findet man nach einer absichtlich gemachten Entfernung der Linse, eine neue gebildet, welche alle Bestandtheile enthält (Zellen der Morgagnischen Flüssigkeit, Linsenfasern). Bei Menschen, welchen durch die Staaroperation die Linse aus dem Auge entfernt worden ist, erzeugt sich wegen des krankhaften Zustandes der Kapsel und oft wegen der Ernährung die Linse gar nicht oder mangelhaft (Leroy,[1]) Mayer,[2]) Sömmerring,[3]) Textor,[4]) Valentin).[5])

752. c) Knochen. Ihre Regeneration wurde an Knochenbrüchen studirt. Zwischen der Beinhaut und dem zerbrochenen Knochen, in der Markhöhle und in den umgebenden Weichtheilen entsteht eine Ausschwitzung von Blutflüssigkeit. Die in den Weichtheilen stattfindende nimmt keine besondere Organisation an, wohl aber jene am Knochen selbst. Besonders von der den Knochenenden am Nächsten liegenden Periostschicht bilden sich neue Zellen, Markcanälchen; Knochenerde lagert sich ab, aber auch in der Markhöhle und zwischen den Bruchenden. So entsteht eine knöcherne Kapsel um die Knochenenden, Callus,[6]) welche immer fester wird. Auch eine Reproduction in den Knochen ist möglich. Es wurde beobachtet, dass sich das ganze obere Ende der ulna (Textor), sowie der Unterkiefer (Virchow) wieder erzeugten. Über die Knochenhaut als matrix des Knochens und Ollier's Versuche s. u.

---

1) Leroy d'Etiole in Magendie Journ. de Phys. 1827, p. 30.

2) Mayer in Gräfe u. Walter's Journ. XVII. — Vgl. auch Vrolik ib. XVIII.

3) Sömmering, Beob. über die org. Veränder. im Auge nach Staaroper. Frankf. a. M. 1828.

4) Textor, Über die Wiedererzeugung der Krystall-Linse. Würzb. 1842.

5) Valentin in Physiologie I, 714, und in Henle und Pfeufers Zeitschr. für rat. Med. II, 242.

6) Über Callus vgl. Miescher, De infl. oss. Berol. 1836. — Lebert, phys. Path. II, 110.

Digitized by Google

753. d) Nerven können sich zwar regeneriren, aber die Zeit, innerhalb welcher dies geschieht, ist sehr verschieden. Wird bei Thieren ein Nerve ohne Substanzverlust mit scharfen Instrumenten durchgeschnitten, so wächst er wieder rasch zusammen und seine Function kehrt alsbald wieder. Nach der Durchschneidung ziehen sich die beiden Nervenenden vermöge ihrer Elasticität zurück. Gewöhnlich schwellen dieselben besonders am centralen Ende kolbenförmig an. Es entwickeln sich massenhaft neue Kerne, welche sich durch Fäden verbinden und so neuen Fasern den Ursprung geben, welche, den embryonalen Nervenfasern gleich, aus kernhaltigen Hüllen und einem mittleren Faden (Axencylinder) bestehen. Endlich bildet sich auch die Markmasse. Durch dies Wachsthum haben sich auf beiden Seiten die Enden verlängert, bis sie zusammen kommen. — Werden hingegen die Nerven gequetscht und grosse Stücke ausgeschnitten, so erfolgt die Regeneration viel langsamer, selbst gar nicht. Die nach Durchschneidung von gemischten (d. h. Bewegungs- und Gefühlsfasern in demselben Stamme) Nerven aufgehobene Bewegung und Empfindung kehren wieder zurück, jedoch die letztere in den meisten Fällen eher, als die Bewegung. — Nach Exstirpation eines ganglion sahen Valentin neue Ganglienkugeln entstehen, nicht so Schrader und Walter. Von den Beobachtungen des letztern habe ich mich gleichfalls überzeugt. Es bildeten sich zwar Anschwellungen, aber keine Ganglienkugeln. Schiff sah nach einfacher Durchschneidung der obern Halsganglien die dadurch erloschene Function wieder eintreten, aber nicht nach Exstirpation. — Nach Flourens kann selbst das getrennte Rückenmark wieder zusammenheilen, was auch Brown-Séquard beobachtete. [1])

754. Die Versuche von Bidder [2]) und neuerdings von Gluge und Thiernesse [3]) hatten zum Zweck, zu erforschen, ob Nerven,

1) Über Nervenregeneration vgl. Steinrück, De regen. nervorum. Berol. 1838. (hier findet sich die ältere Literatur vollständig). — H. Nasse in Müller's Arch. 1839. — Günther und Schön ebend. 1840, p. 240. — Bruch in Siebold und Köllikers Zeitschr. 1854, VI, und Baseler Verh. 1855. — Schiff in Archiv für gemeins. Arb. von Nasse, Vogel und Beneke, 1853. I, 618, und Physiol. I, 122. — Flourens in rech. exp. sur le syst. nerv. 2. éd. Par., p. 266, und Ann. des sc. nat. XIII. Heusinger's Zeitschrift II, 3. — Brown-Séquard, in société de biol. I, 17; II, 3 (citirt nach Schiff). — Valentin, Phys. I, 716. — De funct. nerv., p. 160. — Lent, De nerv. dissect. commut. ac regen. Berol. 1855, und Zeitschr. für wiss. Zool. VII, 147. — Hjelt in Virchow's Arch. 1860, XIX, 352. — Schrader, Exp. c. regen. in gangl. Gött. 1850. — Vulpian et Philipeaux in Gaz. méd. de Par. 1860, No. 27 etc. — G. Walter, Diss. de regener. gangl. Bonn. 1853.

2) Bidder in Müller's Archiv 1842, p. 102.

3) Gluge und Thiernesse in Bullet. de l'acad. de Brux. 1859, XII, 1.

Digitized by Google

welche bloss für das Gefühl bestimmt sind, wie der n. lingualis, mit denen, welche nicht sensibel sind, sondern bloss die Muskeln anregen, wie der n. hypoglossus, zusammenwachsen. Bidder gelang eine Vereinigung nach der Durchschneidung nicht. Die beiden andern Beobachter sahen zwar, dass das centrale Ende des n. lingualis mit dem peripherischen des n. hypoglossus zusammenwuchs; aber es konnte durch Reizung von jenem niemals Bewegung der Zunge hervorgebracht werden.

755. Nach Durchschneidung von Nerven tritt eine merkwürdige Veränderung in demjenigen Stück ein, welches nicht nach dem Gehirn oder Rückenmarke, sondern nach der Peripherie gerichtet ist. Der Inhalt der Nervenröhren wird nämlich in Fett umgewandelt, welches sich in Form ganz feiner, staubförmiger, schwarzer Körnchen unter dem Mikroskope zeigt und durch Äther sich löst. Diese Beobachtung wurde zwar zuerst von Fontana, dann von Nasse, [1]) Günther und Schön [2]) gemacht, aber genau in allen ihren wichtigen Einzelheiten von Waller [3]) verfolgt. Er fand, dass die durchschnittenen Nerven bis in ihre letzten Enden diese Degeneration zeigen, und dass einen wesentlichen Einfluss darauf die Ganglien haben. Durchschneidet man bei einem Frosche eine hintere Nervenwurzel, und zwar so dicht am Rückenmarke, dass an dem Nerven das ganglion noch bleibt, näht dann die Wunde zu und lässt das Thier am Leben, so findet man keine Faser degenerirt, sie sind alle wohl erhalten. Macht man hingegen die Operation in der Art, dass das ganglion nicht mehr mit dem Nerven in Verbindung bleibt, sondern mit dem Rückenmarke, so sind nach einigen Wochen sämmtliche betreffende Fasern verfettet. Obgleich in beiden Fällen die hintere Wurzel nicht mehr mit dem Rückenmarke communicirt, so tritt dennoch die fettige Entartung nur ein, wenn die Verbindung mit dem ganglion aufgehoben ist. Bei der vordern Wurzel, welche nicht mit einem ganglion versehen ist, bringt jede Durchschneidung, d. h. Trennung vom Rückenmarke, die Degeneration hervor. — Diese Beobachtungen sind von Küttner und mir wiederholt und durchweg bestätigt gefunden worden. — Waller nahm an, dass die peripherischen Enden der durchgeschnittenen Nerven völlig zu Grunde gehen, und an deren Stelle sich neue Fasern bilden, welche von dem Centrum aus nachwachsen, anfangs schmal sind und allmählig breiter werden. Durch weitere

1) Nasse in Müller's Archiv 1839, p. 405.

2) Günther und Schön, ebend. 1840, p. 270. — Günther, Phys. d. Menschen 1845, I, 416.

3) Waller in Philos. Transact. 1850, und Compt. rend. 1851, XXXIII, 370 u. 418; 1852, XXXIV, 164.

Digitized by Google

Untersuchungen zuerst von Lent, dann von Schiff und Hjelt, hat sich indess herausgestellt, dass die peripherischen Enden nur ihr Mark verlieren, die Scheiden aber bleiben, dass die Vereinigung an beiden Enden durch eine neue Kernbildung, welche sich in Fasern umgestaltet, erfolgt und nach geschehener Vereinigung das Mark wieder abgesetzt wird. — Hjelt nimmt an, dass die Kernbildung von dem Bindegewebe ausgeht, welches zwischen den Nervenfasern liegt. — Nach neuern Untersuchungen von Philipeaux und Vulpian regeneriren sich auch Nerven wieder, aus welchen grosse Stücke herausgeschnitten waren, so dass keine Verbindung mit dem Rückenmarke zu Stande kommen konnte, und erhalten ihren Einfluss auf die Muskeln wieder. — Alle die genannten Beobachtungen scheinen zu ergeben, dass an einem durchschnittenen Nervenende, einerlei, ob es das peripherische oder centrale ist, eine Regeneration zu Stande kommen kann, welche jedoch sich nur auf das Wachsthum der Fasern (und vielleicht auf den Axencylinder) bezieht, dass aber das Nervenmark nur wieder erzeugt wird von dem Rückenmark resp. den Ganglien aus.

Figur 91.

Degenerirte Nervenprimitivfasern. 180 Mal vergrössert.

756. e) Hornhaut. Nach den Beobachtungen von Donders u. A. kann die Hornhaut sich wieder ersetzen, wenn auch schwierig und oft nur theilweise. An Stelle von Hornhautgeschwüren kann sich neue Substanz bilden. — Interessant ist die Beobachtung von Nussbaum, dass Glasstückchen, welche er in einen ausgeschnittenen Hornhauttheil einsetzte, hier einwuchsen.

757. f) Zähne (?). Bei alten Leuten entstehen zuweilen Zähne nach dem Ausfallen wieder. Es fragt sich aber, ob diese Neubildung von Zähnen für eine Regeneration anzusehen sei.

758. g) Gefässe. Nach Unterbindung und Unwegsamkeit oder nach einer stärkern Verletzung der Gefässe gerinnt von der abnormen Stelle an bis zum Abgange eines grössern Astes das Blut in dem Gefässe zu einem Pfropfe (thrombus), es entsteht Ausschwitzung an den Wänden, es bildet sich in dem Gefässstücke eine bandartige, aus Bindegewebsfasern bestehende Masse, welche die Obliteration bewirkt. Jenseits des obliterirten Gefässes bilden sich neue Gefässe, oder Capillargefässe wandeln sich in grössere um, um die Cirkulation wieder herzustellen. Auch in krankhaft neuentstandenen Membranen können sich neue Gefässe bilden.

759. h) Häute, Drüsen und Muskeln, Knorpel, Sehnen hingegen regeneriren sich nicht. — Die verloren gegangenen Stücke werden durch Bindegewebe ersetzt (Thaetz, Ammon, Salzmann, Red-

Digitized by Google

fern). Nach Exstirpation der Milz sah hingegen Mayer eine neue kleine entstehen.

D. Gleichgewicht zwischen Zufuhr und Entleerung.

d) Verhältniss zwischen Einnahmen und Ausgaben.

760. Wenn von einem erwachsenen Menschen 5 Pfd. Nahrung täglich genossen werden, so sind darin ungefähr $1\frac{1}{4}$ Pfd. feste Substanz, $3\frac{3}{4}$ Pfd. Wasser. Durch jene kommen etwa $\frac{9}{10}$ Loth Stickstoff und 16—17 Loth Kohlenstoff in den Körper. Nach 24 Stunden hat sich im Ganzen das Körpergewicht nicht geändert, wenn man die Menge des Kothes, welcher noch im Körper geblieben ist, dabei in Rechnung bringt.[1]) — Aus dem Körper werden ungefähr entleert: durch den Urin (in einer Lufttemperatur von 10—12° R.) 2 Pfd., durch die Haut und die Lungen $2\frac{1}{2}$ Pfd., durch die Excremente 12—15 Loth. — Die grösste Menge von Stickstoff enthält der Urin, eine geringe führen der Schweiss, die Oberhaut, Haare, Nägel, die excrementiellen Theile der Galle, Schleim u. s. w. aus dem Körper, die grösste Menge der Kohle geht durch die Lungen, eine kleinere durch die Haut und durch die andern Excretionen hinweg.

Von 100 Theilen aufgenommenen	enthielten			beobachtet bei	Beobachter.
	die Fäces	der Harn	die Perspiration.		
Kohlenstoffs.	34,6	2,7	62,7	Pferden	Boussingault (nach Valentin's Berechn.).
„	20,3		79,7	Turteltauben	„
„	24,5		75,5	Hühnern	Sacc.
„	3,83	4,58	91,59	Menschen	Barral (nach Lehmann's Berechnung).
„	1,2	9,5	89,4	Katzen	Schmidt.
Stickstoffs	55,7	27,1	17,2	Pferden	Boussingault (nach Valentin's Berechn.).
„	64,96		35,04	Turteltauben	„
„	42,2		57,8	Hühnern	Sacc.
„	8,33	42,07	49,6	Menschen	Barral (nach Lehmann's Berechnung).
„	0,2	99,1	0,7	Katzen	Schmidt.

1) Versuche über das Verhältniss von Einnahmen und Ausgaben sind sehr zahlreich in alter und neuer Zeit angestellt worden. Man vgl. Burdach, Phys.

Digitized by Google

761. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass nicht immer der gesammte Stickstoff durch den Urin abgeht. Der allergrösste Theil (99,1%) war allerdings in den Versuchen von Schmidt auf diesem Wege entleert worden, hingegen in den Versuchen Barral's und Boussingault's noch nicht die Hälfte. In den von Bischoff an einem Hunde erhaltenen Resultaten ging gleichfalls nicht alles N durch den Urin hinweg. — Untersuchungen an einem Hunde, welche Voit allein und dann in Gemeinschaft mit Bischoff angestellt hatte, ergaben, dass bei diesem Thiere durch Urin und Koth aller in der Nahrung enthaltener Stickstoff wieder den Körper verliess. Indem sie nun bei demselben Hunde, bei welchem sie diese Erfahrung gemacht hatten, die Elementaranalyse der Nahrung, sowie des Urins und Kothes anstellten, fanden sie je nach der angewandten Kost, dass bald mehr, bald weniger, bald gleichviel Stickstoff in Urin und Koth enthalten war, als die Nahrung gebracht hatte. Hiernach beurtheilten sie, ob die Körpertheile und vorwaltend die Muskeln von ihrer Substanz abgeben mussten, oder umgekehrt angesetzt hatten, oder ob weder das eine noch das andere erfolgt war. Sie stellten ihre Versuche immer bei demselben Thiere und zwar $1^3/_4$ Jahre hindurch an, während des Hungerns, während alleiniger Nahrung von Fleisch, einer Mischung von Fleisch und Fett, von Fett allein, von Fleisch und Zucker, von Zucker allein, von Fleisch und Stärke, von Stärke und Brod, von Brod allein, von Fleisch und Leim, Leim und Fett, Leim allein. — Wir führen, um die Art der Ausführung kennen zu lehren, eine von diesen Versuchsreihen an.

V, 198. — Tiedemann, Phys. III, 5. — Unter den ältern Experimentatoren sind besonders hervorzuheben: Sanctorius, De statica med. Lugd. B. 1703. — Dalton in Edinb. new philos. Journ. 1832 u. 1833. — In der neuern Zeit sind diese Versuche mit grösster Genauigkeit angestellt worden; vgl. Rawitz über die einfachen Nahrungsmittel. Berlin 1842. — Rigg in Medical Times 1842, p. 273. — Valentin in Wagner's Handwörterb. 1842, I, 367. — Boussingault in Ann. de chim. et phys. 1839, LXI, 128, und 1845, XIV. — Sacc, ebend. LII. — Barral, ebend. 3. Sér. XXV, 129, und Statistique chim. des anim. Par. 1850. — Regnault, ebend. 3. Sér. XXVI. — Bischoff, Harnstoff als Mass des Stoffwechsels. Giess. 1853. — Bischoff und Voit, Ernähr. des Fleischfr. Leipzig 1860. — Hildesheim, Normaldiät. Berl. 1856. — Rummel in Würzb. Verh. 1856, VI, 67: Versuche über den Einfluss vegetabilischer Nahrungsmittel auf den Stoffwechsel. — Lehmann, Phys. Ch. III. Ders. im Archiv für gemeinschaftl. Arb. 1856, III. — Laun in Moleschott's Unters. 1857, p. 278. — Voit, Physiologisch-chemische Unters. Augsb. 1857.

Digitized by Google

Sieben Tage ohne feste Nahrung.

Körpergewicht.	Wasser.	Harnmenge.	Harnstoff.	Koth.
		in Grammen.		
40460	318	384	37,478	—
39840	261	255	23,256	—
39350	460	194	16,684	165
38760	102	165	14,850	—
38350	122	150	12,600	—
37960	215	155	12,772	—
37720	216	154	12,012	—
	1694	1457	129,652	

Körpergewicht am 8. Tage war 37420 Grm. Die 129,652 Ur. enthalten 60,509 N, welche 1780 Grm. Fleisch entsprechen, die das Thier von seinem Körper verbrauchte. Der Hund hatte aber in den sieben Tagen (3040 Grm. minus 165 Grm. Koth, also) 2875 Grm. Masse verloren. Da er nun gemäss des Stickstoffgehaltes in seinem Urine nur 1780 Grm. Fleisch eingebüsst haben konnte, so musste noch 1095 Grm. Körpergewichtsverlust in Wasser und Fettgewebe bestanden haben.

762. In allen Versuchen von Bischoff und Voit ist angenommen, dass kein Stickstoff auf einem andern Wege den Organismus verlässt, als durch Harn und Excremente. Da jedoch auch erwiesener Massen durch die Hautausdünstung, durch die Abschuppung der Epidermis, selbst durch das Athmen N aus dem Körper geht, so müssen diese Mengen in den Beobachtungen der genannten Forscher so klein gewesen sein, dass sie nicht in Rechnung kommen. Ob aber in den eben erwähnten Untersuchungen, in welchen der Urin bei Weitem nicht allen Stickstoff wieder lieferte, auf den andern Wegen eine grössere Abscheidung stattfand, und hier nicht individuelle Verschiedenheiten vorkommen, bedarf noch weiterer Untersuchungen. In neuester Zeit hat Voit [1]) zahlreiche Versuche an demselben Hunde gemacht, den er früher gebrauchte, um die Einwirkung der Bewegung auf die Harnstoffmenge resp. die Stickstoffmenge zu erforschen. Er kam zu dem Resultate, dass der Harnstoff nur unbedeutend zunehme, wenn ein Thier, sowohl ein hungerndes als ein gefüttertes, eine Zeit lang einer starken Bewegung unterworfen wird. Der Hund musste in einem Tretrad gleichmässig traben. — Wir führen eine Versuchsreihe an. Er bekam eine Zeit lang blosse Fleischkost und zwar in solcher Menge (1500 Grm.), dass sein Körpergewicht sich ziemlich gleich hielt. Es ergaben sich folgende Resultate:

1) Voit, Unters. über den Einfluss des Kochsalzes, Kaffee's und der Muskelbewegungen auf den Stoffwechsel. München 1860.

Digitized by Google

Körpergewicht.	Fleischnahrung.	Gesoffenes Wasser.	Harnmenge.	Harnstoff.	Spec. Gewicht des Harns.	Arbeit in Radumgängen.
In Grammen.						
32730	1500	355	773	77,688	1054	0
32950	1500	13	902	95,223	1056	0
32830	1500	130	945	100,296	1056	0
32550	1500	225	1027	108,522	1053	0
32710	1500	10	1003	103,978	1055	0
32610	1500	215	971	101,132	1055	0
32770	1500	110	1035	108,445	1053	0
32710	1500	288	1079	111,059	1053	0
32680	1500	95	1067	109,251	1054	0
32680	1500	215	1058	110,278	1053	0
32480	1500	200	1063	109,831	1053	0
32560	1500	565	1232	113,016	1046	1666
32450	1500	710	1373	119,942	1044	1791
32180	1500	695	1386	118,517	1041	1683
32080	1500	162	1131	108,307	1049	0
32100	1500	10	1051	109,989	1054	0
32060	1500	247	1060	111,489	1053	0

Eine Zusammenstellung aller Resultate (p. 182) ergab, dass der Hund A ohne feste Nahrung lieferte in zwei Versuchsreihen:

1) in Ruhe 14,3 Harnstoff
laufend 16,6 „
2) in Ruhe 11,9 „
laufend 12,3 „
in Ruhe 10,9 „

B bei Fleischnahrung: 1) in Ruhe 109,8 „
laufend 107,2 „
in Ruhe 109,9 „
2) laufend 114,1 „
in Ruhe 110,6 „

Im Mittel findet sich an einem Arbeitstage der Harnstoff von 110,11 um 7,05 Grm., an einem Hungertage um 4,01 Grm. vermehrt. Voit glaubt, dass diese geringe Zunahme des Umsatzes stickstoffhaltiger Substanzen (Eiweiss) nicht in der Arbeit, sondern in etwas Anderm seine Quelle habe. Da nämlich bei der Arbeit eine grössere Menge von O geathmet wird, so werde dadurch etwas Eiweiss angegriffen und hieraus erkläre sich der vermehrte Harnstoff. — Voit stellt die Hypothese auf, dass die im Körper vorhandene Elektricität sich in Bewegung der Materie umsetze.

Die Thatsachen selbst sind höchst interessant und können zu mancherlei andern Untersuchungen veranlassen. Namentlich ist der

Digitized by Google

experimentelle Nachweis, ob nicht dennoch während des Arbeitens eine vermehrte Ausscheidung des Stickstoffs durch Haut und Lungen stattfindet, sehr nothwendig. Ebenso muss bei dem zum Versuche dienenden Thiere die Quelle der Kohle erforscht werden, welche in vermehrter Menge bei der Arbeit in Form von CO^2 nach Beobachtungen von Seguin, Vierordt, Scharling, Gerlach ausgeschieden wird. Denn es wird einen grossen Unterschied machen, ob diese in dem speciellen Falle von den stickstoffhaltigen Körpertheilen oder von dem Fette entnommen wird. Bevor diese Vorfragen vollständig gelöst sind, ist es auch schwer, die oben erwähnte Theorie zu beurtheilen.

IV. Erscheinungen der Ernährung.

A. Endosmotische Erscheinungen. Resorption.

Definition der Resorption.

763. Unter Resorption versteht man die Aufnahme von Stoffen in thierische Canäle vermittelst feiner Öffnungen, also z. B. das Eindringen von Flüssigkeiten durch die unsichtbaren Poren der Wandungen der feinsten Gefässe. Meistens bezeichnet man nur die Aufnahme durch die Häute der Blut oder Lymphe führenden Gefässe mit jenem Namen. Aber in der That ist das Eindringen von Flüssigkeiten in Zellen oder Röhren durchaus derselbe Process. Die Resorption ist der Ausdruck für die Richtung der Strömungen, welche zur Erhaltung des Körpers so wesentlich sind, von denen gleich die Rede sein wird.

764. In praktischer Beziehung haben wir bei der Resorption zweierlei im Auge zu behalten, nämlich erstens die Aufnahme der Stoffe in das Blut und die Cirkulation der aufgenommenen Stoffe. Wenn die durchgedrungenen Flüssigkeiten dem Blutstrome übergeben sind, so wird es von dessen Schnelligkeit abhängen, in welchem Grade und in welcher Zeit dieselben auf den Organismus und einzelne Theile desselben wirken.

Beispiele von Resorption.

765. Als Beispiele der im normalen Leben vorkommenden Resorption mögen folgende erwähnt sein: Aufnahme des Fettes in die Zotten des Dünndarms, Verschwinden der Alveolen in den Kiefern älterer Leute, theilweises Verschwinden der glandula thymus, des Wolff'schen Körpers, der Nebennieren; Vermehrung der Abscheidung von Urin, wenn Flüssigkeiten in den Magen oder in den After (sofern letztere nicht auf demselben Wege abgehen) gebracht worden sind, u. s. w. Da die Organtheile aus dem Blute entstehen und dann wiederum, zersetzt und flüssig geworden, ins Blut übergehen, so bildet die Resorption einen Hauptfactor der Ernährung.

Digitized by Google

Endosmose.

766. Der erste Akt der Ernährung besteht darin, dass das plasma und die Gase, welche in dem nirgends mit sichtlichen Öffnungen versehenen Gefässsysteme enthalten sind, mit den Flüssigkeiten in Berührung kommen, welche ausserhalb der Gefässe, theils frei, theils wiederum innerhalb gewisser Canäle, sich stets finden. Dieser Zweck wird theils durch Strömungen hervorgebracht, welche nach beiden Richtungen hin beständig vor sich gehen, d. h. von dem Gefässcanale gegen die Aussenwand hin und von der Umgebung der Gefässe gegen diese; theils aber auch durch den Blutdruck, zumal wenn derselbe vermehrt ist. Wir haben oben (p. 296) davon gesprochen, dass Flüssigkeiten das Bestreben haben, sich zu verschieben. Wenn dieselben gleichartig sind, so herrscht zwischen den einzelnen Theilchen eine gleichartige Spannung; das zweite kann auf das erste keinen andern Druck ausüben, als das dritte auf das zweite u. s. w., eine wahrnehmbare Strömung bleibt aus. Wenn aber Flüssigkeitstheilchen, die nicht gleichartig sind, sich berühren; so treten verschiedene Wirkungen ein. Entweder üben beide Flüssigkeiten, wie z. B. Öl und Wasser, einen gleich grossen Widerstand auf einander aus, sie mischen sich gar nicht; oder sie haben umgekehrt eine grosse Verwandtschaft zu einander, es entsteht eine chemische Verbindung; oder jede gibt in die andere so lange Moleküle, die in ihr enthalten sind, ab, bis sie beide gleich gemischt sind. Die letztere Vereinigungsart wird vorzugsweise Diffusion genannt. — Stellt man z. B. einen porösen Cylinder mit concentrirter Kochsalzlösung in ein höheres und grösseres Gefäss vorsichtig hinein, so dass kein Tropfen von jener in dieses eingegossen wird, füllt das letztere dann mit destillirtem Wasser, so lässt sich alsbald in demselben Kochsalz nachweisen. Die Strömungen, welche zwischen zwei neben einander stehenden Flüssigkeiten stattfinden, sind sehr verschieden, so dass z. B. Wasser rascher zu einer Kochsalzlösung, als diese zu jenem übergeht.

Wenn Glaubersalz und Kochsalz über einander stehen, so geht das erstere langsamer zum zweiten, als das Kochsalz zum Glaubersalz, aber zuletzt enthält jede Schicht von beiden Salzen gleiche Mengen. Man kann sich den Hergang zur Erleichterung des Verständnisses als ein Druckverhältniss vorstellen. Diejenige Flüssigkeit a, welche weniger Widerstand der andern b zu leisten vermag, nimmt in derselben Zeit mehr von der letztern b auf, als diese von a; und dies geschieht so lange, bis in beiden Flüssigkeiten jedes Theilchen so viel Moleküle von der andern aufgenommen hat, dass eine Ausgleichung erfolgt ist. Bis dahin dauert die Diffusionsströmung fort. Die Spannung zweier mischbarer Flüssigkeiten gegen einander wird dadurch nicht aufgehoben, dass zwischen beiden eine Membran oder ein anderer poröser Körper vorhanden ist. Vielmehr

Digitized by Google

treten durch die feinen Poren der Membran die Flüssigkeiten durch, und diejenige mit grösserer Schnelligkeit, welche mit einer grössern Spannung versehen ist und umgekehrt. Eine Mischung zweier durch poröse Körper von einander getrennter Flüssigkeiten nennt man Endosmose.

767. Jolly [1]) hat ein eigenthümliches Verfahren angewendet, um diese Wanderung von einer Flüssigkeit zur andern zu bestimmen. In eine mit einer abgewogenen, unten mit einer Membran verschlossenen Glasröhre, deren Gewicht bekannt war, wurde eine trockene Substanz, z. B. Kochsalz, gebracht und die Röhre in einem Wassergefäss aufgehängt. Das Wasser durchdringt die Membran, es entsteht eine Kochsalzlösung, welche ihrerseits nach Aussen zu strömen beginnt, und zu dem Wasser im Gefässe übergeht, dies wird von Zeit zu Zeit ausgegossen, die Salzlösung verdünnt sich und endlich ist alles Kochsalz geschwunden. Während bis dahin von Tag zu Tag das Gewicht abnahm, bleibt es jetzt unverändert. Es dringt kein Wasser mehr ein, weil keine Differenz mehr besteht. Je rascher der Durchtritt erfolgt, oder je weniger Widerstand das destillirte Wasser der durchdringenden Substanz leistet, desto geringer ist die Menge des Wassers in der Röhre. Jolly fand, dass auf 1 Grm. Kochsalz 4,3 Wasser erfordert werden, hingegen auf

Endosmotische Aequivalente.

1 Grm.	Glaubersalz	11,58	Wasser,
1 „	schwefelsaure Magnesia	11,8	„
1 „	Zucker	7,1	„
1 „	Kalihydrat	231	„

Er nennt diese Zahl 4,3 — 11,58, 11,8, 7,1, 231 u. s. w. das endosmotische Aequivalent.[2])

Es besteht ohne Zweifel in den Flüssigkeiten selbst ein abweichendes Streben zur Verschiebung, wie schon aus dem Verhalten der verschiedenen Salzlösungen sich ergibt; so z. B. lässt sich von vorn herein vermuthen, dass klebrige Substanzen schwieriger zu einer Strömung zu bringen sind, als andere, wie auch die Erfahrung lehrt. — Vieles ist jedoch in dieser Beziehung noch unklar.

Druck, welcher auf Flüssigkeiten wirkt, vermehrt die Durchdringungsfähigkeit, weil noch eine bewegende Kraft hinzukommt und zwar um so stärker in solchen Flüssigkeiten, in denen die Membranen leichter als in andern aufquellen. So bedarf Wasser eines geringern Druckes, als Alkohol.

Alle Ursachen, welche die Poren erweitern, steigern die Menge

---

1) Jolly in Zeitschrift für rat. Med. 1848, VII.

2) Man vgl. Ludwig in Pogg. Ann. LXXIII, 307.

Digitized by Google

der durchgehenden Flüssigkeit, so z. B. Anspannung der Membran, Temperaturerhöhung.

Endosmose des Eiweisses.

768. Andererseits machen sich bei der endosmotischen Strömung auch mannigfache Widerstände geltend. Vor Allem gehören hierher die Membranen selbst. Nicht nur kommt die Natur der Membranen, ihr Gewebe, ihre Dichtigkeit u. s. w. in Betracht, sondern auch besonders ihre Dicke und selbstverständlich ihre Ausdehnung. Die Flüssigkeiten verhalten sich auch nicht in gleicher Weise gegen die Membranen. Dies ergibt sich schon aus den Versuchen über Imbibition. So z. B. nahmen 100 Gewichtstheile trockener Ochsenblase in 24 Stunden auf: 268 Theile Wasser, 133 concentrirte Kochsalzlösung, 38 Alkohol von 84%. Je weniger concentrirt die Lösung war, desto mehr wurde absorbirt (Liebig).[1]) — Begünstigend ist eine höhere Temperatur. — Wenn schon bei der reinen Diffusion die Consistenz der Flüssigkeit von grosser Bedeutung ist, so wird dies noch mehr der Fall bei der Endosmose sein, indem die Adhäsion an der Wandung der Poren sich dadurch verstärkt. Ohne behaupten zu wollen, dass die einzige Ursache der langsamen Diffusion und Endosmose von Eiweiss und Gummi in der Klebrigkeit dieser Stoffe liegt, so trägt dieselbe doch gewiss viel dazu bei. Das Eiweiss geht überhaupt sehr schwer durch Membranen durch und es ist daher wiederholt die Durchgangsfähigkeit ganz geläugnet worden. So hielt F. Hoppe[2]) das Eiweiss des serum gar keiner eigentlichen Diffusion fähig. Er glaubt, es sei gar nicht einmal gelöst, sondern fein zertheilt. — Mialhe[3]) meint, dass es nur dann durch thierische Membranen gehe, wenn dieselben bereits in Fäulniss übergegangen sind. Dem widerspricht Lehmann; nach meinen eigenen Beobachtungen mit Recht. Bei endosmotischen Versuchen mit Eiweiss ist wohl zu beachten, dass die Membranen selbst stets Eiweiss enthalten, welches schwer zu entfernen ist. Ich habe sehr oft eine Membran so lange im Wasser liegen lassen müssen, bis die Fäulniss begann. Dann ist der Versuch unbrauchbar. Ich setze daher dem Wasser, welches ich zum Extrahiren benutze, Chloroform zu, wodurch die Fäulniss abgehalten und die Membran lange genug eingewässert werden kann, um vollständig von Eiweiss frei zu sein. Obwohl oft 24 Stunden und mehr vergehen, ehe die ersten Eiweissspuren sich im destillirten Wasser zeigen, so ist der Übergang zweifellos. v. Wittich hat sich der Amnion- und Schalenhaut des Hühnereies bedient, um das Durchtreten von Eiweiss zu studiren.

---

1) Liebig, Unters. über einige Urs. der Saftbewegung. Braunschw. 1848.
2) Hoppe in Archiv für path. Anat. IX, 245.
3) Mialhe in Compt. r. XXX, 450.

Digitized by Google

Hieraus geht mit Wahrscheinlichkeit hervor, dass auch im lebenden Körper sehr viel von der Verschiedenheit der Wandungen abhängt, ob das Eiweiss leichter oder schwieriger durchdringt. Ohne Zweifel sind die Wandungen der Capillargefässe dazu disponirt, zumal wenn dieselben erweitert sind. So kann man eine albuminose Ausschwitzung durch Canthariden pflaster hervorbringen, welche ganz klar, ohne Blut, gewiss ihren Ursprung aus den Capillargefässen hat. Die normalen Transsudate, wie die Cerebrospinalflüssigkeit, enthalten in der Regel nur sehr geringe Mengen von Eiweiss, krankhafte etwas mehr. In den Geweben der Organe findet sich dasselbe sehr gewöhnlich, so in den Nerven, der Leber, den Muskeln u. s. w. Bei alle dem kennt man noch keine Thatsachen, aus denen hervorgeht, wie rasch im lebenden gesunden Körper die endosmotische Wanderung des Eiweisses erfolgt. Sie wird durch Druck sicherlich vermehrt, und der Blutdruck trägt daher das Seinige dazu bei, dass eiweisshaltige Flüssigkeit aus den Capillargefässen austritt. Höchst wahrscheinlich dringt, abgesehen von der Aufnahme des Eiweisses im Darmcanale, an den übrigen Stellen des Körpers mehr Eiweiss aus dem Blute, als in dasselbe zurückkommt; weil die Eiweissdiffusion ohne vermehrten Druck so schwierig von Statten geht. Es ist sehr wohl denkbar, dass das aus den Blutgefässen ausgeschwitzte Eiweiss sich in den Interstitien der Organtheile, wie in den Organtheilen selbst zersetze und neue chemische Verbindungen eingehe, so dass also beispielsweise das Eiweiss, welches einen constituirenden Bestandtheil des Gehirns bildet, ebenso wie das Eiweiss in dem Muskelsafte nie mehr als solche dem Blute zurückgegeben werden. Die aus den Capillargefässen transsudirende Flüssigkeit ist nie so reich an Eiweiss, als das Blutwasser. — Versuche lehren, dass wenn man verdünntes Eiweiss durch eine Membran treibt, die durchgegangene Flüssigkeit specifisch leichter geworden ist (Valentin, Schmidt). — Der Übergang des Eiweisses aus dem Darmcanale in die Gefässe wird aber durch zwei Umstände begünstigt. Einmal ist das Eiweiss der Nahrungsmittel in Pepton (s. p. 174) umgewandelt, welches ausserordentlich leicht durch Membranen durchgeht. Funke [1]) fand das endosmotische Äquivalent für Eiweiss 100, für Pepton 7,1 bis 9,9, jenes bei concentrirterem, dieses bei verdünnterem. — Ferner kann ebenso gut, wie Fett, auch Eiweiss in die Zotten aufgenommen werden.

Ob das Pepton, welches im Blute wieder als gewöhnliches, coagulirbares Eiweiss sich findet, zum Theil schon im Darmcanale, oder erst im Blute selbst diese Umwandlung erfährt, ist noch nicht ausgemacht.

---

1) Funke in Archiv für path. Anat. XIII, 449.

Digitized by Google

Resorption von Gummi.

769. Zu den schwer resorbirbaren Stoffen gehört auch das Gummi, welches fast ganz in den Excrementen wieder erscheint.

Resorption mancher Gifte.

770. Es gibt Gifte, welche ins Blut gebracht rasch tödten, im Magen wirkungslos bleiben: dazu gehört das amerikanische Pfeilgift. Ebenso gehört hierhin die merkwürdige Beobachtung, dass wenn Emulsin ins Blut und Amygdalin in den Magen gebracht wird, Blausäurevergiftung entsteht, also Amygdalin ins Blut übergeht, und dadurch mit dem Emulsin zusammenkommt. Wenn hingegen Emulsin dem Magen, Amygdalin dem Blute einverleibt wird, so bleibt die Vergiftung aus. Ob diese Erscheinungen davon herrühren, dass die genannten Stoffe nicht resorbirt, oder dass sie zersetzt werden, ist nicht ganz sicher. [1])

Resorption von Zucker.

771. Bei Fütterung von Thieren mit Zucker und nach dem Genuss desselben von Menschen hat man verschiedene Resultate beobachtet. Bei einer während 22 Tage mit Zucker gefütterten Gans fanden Tiedemann und Gmelin [2]) reichlich Zucker; bei einem Hunde, der 4 Loth Rohrzucker erhalten hatte, konnte ich [3]) schon in kurzer Zeit Traubenzucker im Blute nachweisen, während ich bei mir nach dem Genusse von $^1/_4$ Pfd. Rohrzucker in zwei Aderlässen keine Spur sah; v. Becker, [4]) Schmidt, Bidder fanden gleichfalls Zucker im Blute nach Zuckerfütterung. — Bei vielen Menschen bildet sich aus dem Zucker im Darme rasch Milchsäure (Uhle), [5]) und von der Schnelligkeit, mit welcher dieser Process vor sich geht, hängt es ab, ob ins Blut eine geringere oder grössere Menge von Zucker übergeführt wird. Es gibt Menschen, bei denen der Genuss von Zucker in kurzer Zeit saures Aufstossen (von entstandener Milchsäure) hervorbringt, während andere Nichts der Art wahrnehmen; — ein Gegenstand, der noch weiterer Untersuchung bedarf.

Resorption von Fett.

772. Über die Aufnahme des Fettes aus dem Darme in die Zotten und von da in die Chylusgefässe, welche mit den Zotten communiciren, ist oben (p. 210) schon die Rede gewesen. Auf welche Weise hingegen das im Körper angehäufte Fett ins Blut zurückgeführt wird, was doch bei Abmagerung immer geschieht, ist ganz unbekannt. Segalas [6]) und Hering [7]) spritzten Öl in die Bauchhöhle von Thieren und fanden es noch nach 8—10 Tagen unverändert vor.

---

1) Vgl. Bernard, Arch. gén. 1848, p. 20. — Leçons de phys. Par. 1855. — Kölliker und Müller in Würzb. Verh. — Lehmann, Phys. Ch. III, 261. — Kölliker in Virchow's Archiv X, 24.

2) Tiedemann und Gmelin, Verdauung nach Vers. I.

3) Budge in Archiv für phys. Heilk. III, 404.

4) v. Becker in Zeitschr. für wiss. Zool. 1854, p. 123.

5) Uhle, De sacch. in urin. transeunte. Lips. 1852.

6) Segalas in Mag. Journ. IV, 286.

7) Hering in Meckel's deutsch. Archiv IV, 522.

Digitized by Google

Von Boussingault's [1]) Versuchen bei Enten ist oben (p. 363) schon die Rede gewesen.

Resorption von Pepton.

773. Funke [2]) brachte in Darmschlingen von Kaninchen Eiweisspepton mit Kalk, unterband dieselben und tödtete nach 2—6 Stunden die Thiere. Je concentrirter die Lösungen waren, desto mehr wurde resorbirt. Von einer gleichen Flüssigkeitsmenge auf eine doppelt so grosse Oberfläche vertheilt, wurde wenig mehr als von der einfachen Oberfläche resorbirt. — In den ersten Stunden wurde mehr als später aufgenommen. — Ähnliche Resultate erzielte bei Versuchen mit Zucker v. Becker. [3])

Resorption durch Blut- und Lymphgefässe.

774. Über das endosmotische Verhalten der Wandungen von den Blut und Lymphe führenden Gefässen fehlen noch manche Aufklärungen. [4]) Man hat seit Emmert [5]) vielfach die aorta abdominalis bei Thieren unterbunden und verschiedene wieder erkennbare Stoffe in eine Fusswunde gebracht. Alle Beobachter stimmen darin überein, dass Kaliumeisencyanür-Lösung nach einiger Zeit im Blut und Harn durch ein Eisensalz wieder zu finden sei. Hingegen wurde von einigen Forschern (Henle, Behr, v. Dusch) [6]) keine Vergiftung beobachtet, wenn sie Strychnin unter solchen Bedingungen einbrachten, während andere (Bischoff, Ludwig) [7]) den Eintritt des Tetanus und Tod unzweifelhaft sahen. Die letztere Angabe ist, wie ich mich auch überzeugte, vollkommen richtig. Ein Thier kann unter Vergiftungserscheinungen sterben, obwohl die Unterleibsaorta unterbunden war, wenn man eine Strychninlösung nach dieser Operation in eine Wunde des Unterschenkels bringt. Obgleich durch diese positiven Resultate entschieden zu sein scheint, dass auch trotz der Absperrung der Blutgefässe Einsaugung stattfindet und dies nur durch die Lymphgefässe möglich sein könne, so sind doch wieder neue Bedenken dagegen erhoben worden. Meder, [8]) welcher in Bonn und Greifswald zahlreiche Versuche über diesen Gegenstand angestellt

---

1) Boussingault, Ann. de chim. 3. Sér. XVIII, 444.

2) Funke in Virchow's Archiv XIII.

3) v. Becker in Zeitschr. für wiss. Zool. 1859.

4) Caspar Aselli hatte 1622 die Lymphgefässe, lacteae venae von ihm genannt, entdeckt. Seit Hunter hielt man dieselben für allgemeine Organe der Resorption (Works IV, 301). — Westrumb (über Einsaugungskr. der Venen. Hann. 1825) betrachtete die Venen als Resorptionsorgane, eine besonders von Magendie vertheidigte Annahme.

5) Emmert in Meckel's Archiv 1815, I, 178.

6) Vgl. Zeitschr. für rat. Medicin I, 35; IV, 368.

7) Ebendas. IV, 55; V, 293.

8) Meder, Aorta abdom. subligata, vasa lymphat. non resorbere, experimentis demonstratur. Gryph. 1858, und Henle's Zeitschr. 1860, Bd. X, Heft 3.

Digitized by Google

hat, die ich zu einem grossen Theile mit angesehen habe, ist zu folgenden Resultaten gelangt. Brachte er bei einem Kaninchen in eine Wunde der Schwanzgegend 10—15 Tropfen concentrirte Lösung von Kaliumeisencyanür, nachdem die aorta unterhalb der a. renalis unterbunden war, so liess sich im Harne schon nach 16 Minuten das Salz durch salzsaures Eisenoxyd nachweisen. Bediente er sich statt der Lösung der Pulverform, so dauerte es 1—6 Stunden, ehe das Blutlaugensalz im Urine zu entdecken war. Je höher oben am Schenkel M. das Salz einbrachte, desto früher und sicherer wurde es wiedergefunden, je tiefer unten am Fusse, desto seltener erschien es. Man musste daher auf die Vermuthung kommen, dass möglicher Weise durch Anastomosen sich wieder Cirkulation hergestellt hatte und die Substanz ins Blut gelangt war. Als deshalb die Bauchhöhle durch einen Querschnitt geöffnet wurde und nach Unterbindung der aorta die Wunde bis zu den Wirbeln vergrössert war, somit wahrscheinlich alle Anastomosen durchgeschnitten sein mussten, so trat in der That keine Resorption ein, obwohl die Thiere noch 10—12 Stunden lebten. — Man kann daher den zahlreichen Versuchen, welche über die Resorption nach Aortenunterbindung gemacht worden sind, keine Beweiskraft zuschreiben. Aus Meder's Versuchen folgt nur, dass, wenn trotz der Unterbindung der aorta Stoffe, welche in eine Fusswunde gebracht wurden, sich mit dem Blute mischten, diese durch Gefässverbindungen in dasselbe gelangten und nicht durch Lymphgefässe. Es folgt aber nicht aus jenen Versuchen, dass die Lymphgefässe überhaupt nicht resorbiren, da es möglich ist, dass dieselben durch die Unterbrechung der Blutcirkulation gelähmt werden. — Auch wurde in der Lymphe von Stannius und Zechler Kaliumeisencyanür nach der Unterbindung der aorta gefunden und Schröder v. d. Kolk sah, dass sich das Salz in den Chylusgefässen nachweisen liess, wenn er es in eine Darmschlinge gebracht hatte.

Farbstoffe gehen leichter ins Blut, als in die Lymphe über, und sie wurden von Tiedemann und Gmelin im Urine und Blute, aber nicht im Chylus angetroffen, wenn sie dem Magen einverleibt wurden. Hingegen scheint dies auch nicht constant zu sein (J. Müller).

Resorption durch die Venen.

775. Dass die Venen resorbiren, hat hauptsächlich Magendie erwiesen. Wird die vena jugularis eines Thieres blossgelegt und so viel als immer möglich von anhängendem Zellgewebe gesondert, ein Kartenblatt untergeschoben und ein paar Tropfen Strychnin auf die Vene gebracht, so entsteht in kürzester Zeit Vergiftung des Thieres, welche man durch schnelle Unterbindung wieder unterbrechen kann (Magendie). Wird einem Thiere der ganze Schenkel amputirt und werden nur a. und v. cruralis, rein präparirt, unversehrt gelassen, so dass diese die einzige Verbindung mit dem übrigen Körper bilden,

Digitized by Google

so entsteht rasche Vergiftung, wenn man ein Gift in eine Fusswunde bringt (Magendie). Werden bei einem vorher gefütterten Thiere, bei dem die Lymphgefässe des Darmes deutlich sichtbar sind, diese durchschnitten, so erfolgt dennoch nach Einbringung eines Gifts in den Darm rasche Vergiftung (Magendie); wenn man hingegen die Lymphgefässe unversehrt lässt und die Blutgefässe unterbindet, so ist nach einer Stunde noch kein Erfolg eingetreten (Segalas). Wenn der ductus thoracicus unterbunden worden ist, wirken dennoch Gifte (Brodie, Magendie, Mayer). Spritzte man blausaures Kali in die Lungen, so fand es sich zuerst im rechten, dann im linken Herzen (Mayer).

Resorption fester Theilchen.

776. Oesterlen [1]) hat die Beobachtung gemacht, dass Kohlenpulver, welches man bei Thieren auf das Futter streut, ins Blut übergehen kann. Auch vom Amylon und andern kleinen Körperchen sind ähnliche Beobachtungen [2]) gemacht worden. Von Kohle und Schwefel habe ich mich selbst überzeugt. Moleschott und Marfels [3]) geben sogar an, dass Hammelblutkügelchen, welche sie in den Magen von Fröschen gebracht haben, in dem Blute sich wieder gefunden hätten, was jedoch von andern Beobachtern [4]) geläugnet wird.

Die angegebenen Thatsachen finden entweder dadurch eine Erklärung, dass man annimmt, die kleinen Körperchen gelangten durch Zerreissungen kleiner Gefässe ins Blut (Mialhe), [5]) oder auf denselben Wegen, auf denen auch das Fett in die Zotten und Chylusgefässe gebracht wird (s. p. 210). Es sind weitere Untersuchungen nöthig.

Einfluss des Druckes auf Resorption.

777. Veränderungen des Druckes auf die Flüssigkeiten innerhalb und ausserhalb der Gefässe wirken nothwendig auf die endosmotischen Erscheinungen.

Spritzt man unter vermehrtem Drucke in die Arterien von Leichen Wasser ein (de Graaf, Bartholin, besonders Lacauchie), [6]) so dringt dasselbe in alle Räume des Körpers, ohne dass Zerreissung stattfindet. Der Körper lebender Thiere schwillt wassersüchtig an,

---

1) Oesterlen in Zeitschr. für rat. Med. V, 434.

2) Eberhardt in Zeitschr. für rat. Med. N. F. I, 406. — Donders und Mensonides in Nederl. Lanc. IV, 141. — Hofmann, Aufn. des Quecksilbers in den Kreislauf. Würzb. 1854.

3) Moleschott in Wien. med. Wochenschr. 1854. No. 52. — Dessen Unters. II, 119.

4) Hollander, Qu. de corp. solid. e tractu int. transitu. Dorp. 1856. — Funke in Zeitschr. für wiss. Zool. VII, 315.

5) cf. Longet, Phys. II, 2. p. 371.

6) Vgl. Milne Edwards. Phys. IV, 392.

Digitized by Google

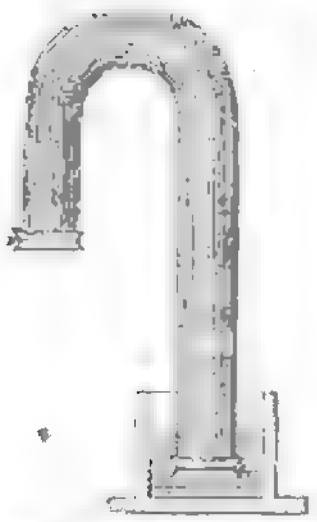
wenn man warmes Wasser in die Venen spritzt (Hales, [1]) Davy, [2]) Magendie). [3]) — Aus derselben Ursache entstehen an verschiedenen Körpertheilen durch Unterbindung, Verstopfung, Druck grosser Venen Hydropsien, wie z. B. bei Anschwellungen von Unterleibsorganen, Schwangerschaft u. s. w. Alle Veranlassungen, welche den Rückfluss des Blutes hemmen, sowie überhaupt alle diejenigen, welche den Seitendruck vermehren, unterstützen die Transsudation. Bei unruhigen Thieren, bei denen die Exspirationsbewegungen sehr vorwiegen, sah Magendie die wässerige Flüssigkeit, welche Gehirn und Rückenmark umspült, die Cerebrospinalflüssigkeit, deutlich sich vermehren. Wird der äussere Luftdruck vermehrt, so nimmt die Hautausdünstung ab, die Urinsecretion mehrt sich (s. p. 274).

778. Wenn andererseits der Druck auf die Aussenfläche der Gefässe vermindert ist, wird das Durchtreten von Flüssigkeit aus diesen befördert. Dies ist schon der Fall bei Abnahme der Thätigkeit in den Gefässmuskeln, sei es, dass diese selbst, oder auch ihre Nerven geschwächt sind.

Einfluss der Verdunstung auf Resorption.

779. Endlich ist noch der Einfluss der Verdunstung hier zu erwähnen. Stellt man den einen Schenkel einer mit Wasser gefüllten und mit Blase an beiden Enden verschlossenen gebogenen Röhre in ein Gefäss mit Salzwasser oder Öl, während der andere Schenkel frei ist, so füllt sich die Röhre allmählig mit Salzwasser oder Öl an (v. Liebig). [4]) Durch die Verdunstung, welche auf der Haut- und Lungenoberfläche Statt hat und durch Veränderungen in der Atmosphäre vielfachen Modificationen unterworfen ist, besteht ein grösseres oder geringeres Andrängen von Flüssigkeit aus dem Körper nach diesen Flächen hin.

Figur 92.



Zur Erläuterung endosmotischer Vorgänge.

Einfluss der Cirkulation auf die Resorption.

780. Bisher wurde nur auf die Strömung der Flüssigkeit selbst Rücksicht genommen. Eine besondere Beachtung verdient der Zustand der Cirkulation. Wenn ein Stoff, welcher ins Blut gelangt, auf einen bestimmten Körpertheil wirkt, so bedarf es, wie sich von selbst versteht, einer gewissen Menge davon, um eben seine Wirkung äussern zu können. Es hängt nun natürlich von der Zusammenziehung des Herzens und der Thätigkeit der übrigen die Cirkulation

1) Hales, Statical essays etc. Lond. 1733.
2) Davy, Research. phys. and anat. 1839.
3) Magendie, Phys. II.
4) v. Liebig, l. c.

Digitized by Google

beförderndn Kräfte ab, ob in kürzerer oder längerer Zeit der Einfluss eines solchen Stoffes sich zeigt. — Ferner aber kommt die Blutmenge dabei in Betracht; ist dieselbe gering, so wird eine gleich grosse Quantität eines eingebrachten Stoffes, z. B. eines Giftes, eher wirken, als bei reichlichem Blutvorrath. Indess ist dabei auch wieder zu berücksichtigen, dass durch Blutmangel die Muskelcontractionen, also auch die des Herzens beeinträchtigt werden, und dass die Widerstandsfähigkeit der Organe geringer wird. Es können daher verschiedene entgegenstehende Einflüsse zusammen wirken und das Resultat unter scheinbar gleichen Verhältnissen verschieden ausfallen. Bei Blutverlust sah Magendie die Resorption von Strychnin beschleunigt, Kaupp [1]) glaubt hingegen das Umgekehrte aus seinen Versuchen schliessen zu können. Hungernde Thiere verfallen nach Köhler [2]) eher in Starrkrampf, aber sterben später, als genährte.

B. Chemische Umwandlungen.

781. Die Veränderungen, welche die eingenommenen Nahrungsmittel erleiden, bis sie als Auswurfsstoffe entleert werden, sind nur noch unvollkommen bekannt. Indessen haben einerseits die genauen chemischen Analysen der festen und flüssigen Körpertheile, andererseits die künstliche Bereitung vieler im Körper vorkommender Stoffe, sowie die Feststellung chemisch verwandter Gruppen die Erkenntniss um Vieles gefördert. Je mehr Methoden aufgefunden werden, um die in den Körper gebrachten Stoffe durch neu eingeleitete chemische Allgemeines.

---

1) Die Versuche von Kaupp unter Vierordt's Leitung angestellt, s. Arch. für phys. Heilk. 1855, XIV, 145, sollen beweisen, dass bei Kaninchen, denen kein Blut entzogen war, der Tetanus durch Strychnin eher eintrete, als bei denen, welche vorher oder nachher Blut verloren haben. Dies geht aber nicht aus den Versuchen hervor. 12 Kaninchen waren ohne, 6 mit Blutverlust vergiftet worden. Bei jenen trat der Tetanus ein

nach 2′. 2′9″. 2′15″. 2′15″. 3′30′. 3′30″. 4′2″. 4′30′. 6′. 6′2″. 7′. 10′55″.

bei diesen nach 2′. 2′30″. 3′30″. 4′30″. 4′30″. 7″.

Nimmt man das Mittel aus beiden Reihen, so ergibt sich gerade entgegengesetzt der Kaupp'schen Annahme, dass ohne Blutentziehung der Tetanus sich erst nach 4′ 30″ einstellte, und mit Blutentziehung nach 4′, was also mit der Magendie'schen und Köhler'schen Annahme wohl stimmt. Bei Kaninchen, welchen nach der Vergiftung Blut entzogen war, trat der Tetanus allerdings später ein, was aber darin seinen nothwendigen Grund hat, dass mit dem Blute auch Strychnin entleert, also eine geringere Dosis angewandt wurde. Kaupp hat aber diese Fälle mit den andern zusammengethan, woraus natürlich ein falsches Mittel gezogen werden musste.

2) Köhler in Archiv für path. Anat. 1858, XIV, 401.

Digitized by Google

Processe in andere umzuwandeln, welche in den Organen oder in den Secreten nachgewiesen sind, je mehr man ermittelt, wie die Elemente jedes einzelnen dieser Körper und die Atome desselben Körpers durch andere Elemente und Atome substituirt werden können, um wieder neue Stoffe zu produciren, desto eher kann man hoffen, die Wege zu entdecken, deren die Natur sich bedient, um die verschiedenen Producte herzustellen. Wir geben im Folgenden übersichtlich die wichtigsten Resultate, welche man bis jetzt gewonnen hat, und verweisen auf die Lehrbücher der organischen und physiologischen Chemie in Betreff der nähern Entwickelung.

Bildung von Kohlehydraten aus Proteinsubstanzen.

782. Aus Protein- und den damit verwandten Substanzen lassen sich sowohl stickstoffhaltige als stickstofflose Körper gewinnen, welche auch im Körper vorkommen. Dahin gehören a) Kohlehydrate, s. p. 130. Chemisch sichergestellt ist bereits die Bildung von Zucker aus Chetin (Berthelot,[1]) Städeler) durch Behandlung mit kalter Schwefelsäure. Bödeker und Fischer[2]) fanden, dass Rippenknorpel durch Behandlung mit Salzsäure gährungsfähigen Traubenzucker bildet, der beim Kochen mit Ätznatron Kupferoxyd zu Oxydul, Wismuthoxyd zu Metall reducirt. — Bei Zusatz von Chondrin zur Nahrung waren Harnstoff und Zucker im Urine vermehrt. Wahrscheinlich entsteht Zucker in der Leber gleichfalls aus Proteinsubstanzen, vgl. p. 200. Bei Hunden, welche blos mit Fleisch gefüttert wurden, enthält die Milch dennoch Milchzucker (Bensch).[3])

Fette Säuren.

783. b) Fette Säuren, durch Destillation mit Braunstein und Schwefelsäure, namentlich die Buttersäure (C_8 H_8 O_4), welche in der Butter, in der Fleischflüssigkeit, im Magensecret und andern Flüssigkeiten, und Ameisensäure (C_2 H_2 O_2), welche im Schweisse, Urine gefunden wird. Über Fettbildung aus Proteinsubstanzen s. u.

Aldehyde.

784. c) Aldehyde, neutral reagirende Flüssigkeiten von eigenthümlichem Geruch. Man kann dieselben aus dem Alkohol erhalten, indem man denselben mit Braunstein und verdünnter Schwefelsäure destillirt, und dadurch eine Oxydation hervorbringt.

$$\underset{\text{Weingeist}}{C_4\ H_6\ O_2} + O_2 = \underset{\text{Acetalaldehyd}}{C_4\ H_4\ O_2} + \underset{\text{Wasser.}}{H_2\ O_2}$$

Aus Casein mit verdünnter Schwefelsäure und Braunstein gewinnt man Aldehyd (Guckelberger).[4])

---

1) Berthelot in C. r. XLVII, 227.

2) Fischer und Bödeker in Henle und Pfeufer's Zeitschr. 1860, X, 153.

3) Bensch in Liebig's Ann. LXI, 221. Vgl. auch Poggiale in Gaz. de Par. 1855, 17.

4) Guckelberger, Ann. der Ch. LXIV, 39.

Digitized by

Aldehyd-ammoniake.

785. Die Aldehyde verbinden sich mit vielen andern Basen, unter denen die Aldehydammoniake besonders interessant sind. Diese krystallisirenden Verbindungen können direct durch Einleiten von Ammoniak in Aldehyd gewonnen werden. Die Aldehydammoniake lassen sich durch Kochen mit Blausäure (N C_2 H) und Salzsäure (Cl H) in krystallisirende Substanzen verwandeln, welche im thierischen Körper von grosser Bedeutung sind, die sog. Alanine. Zu dieser Gruppe gehören drei Verbindungen, welche man bereits im thierischen Körper nachgewiesen hat, das Glycocoll, das Butalanin und das Leucin; und eine vierte, das Alanin, welches bis jetzt nur künstlich bereitet (Strecker),[1]) aber noch nicht im Körper aufgefunden worden ist, jedoch deshalb unsere Aufmerksamkeit verdient, weil aus demselben nach Strecker Milchsäure (C_6 H_6 O_6) hergestellt werden kann.

Glycocoll.

786. d) Das Glycocoll oder Leimzucker (C^4 H^5 O^4 N). Es ist noch nicht künstlich dargestellt worden. Man bereitet es aus Kochen von Leim mit Schwefelsäure oder Kali, aber auch, was physiologisch wichtig ist, aus einer im Urine vorkommenden Säure, der Hippursäure durch Kochen mit concentrirter Salzsäure. — Umgekehrt lässt sich aus Glycocoll auch Hippursäure (mittelst Chlorbenzoyl) bereiten.

$$C_4\ H_5\ O_4\ N + C_{14}\ H_5\ O_2\ Cl = C_{18}\ H_9\ O_6\ N + H\ Cl.$$

Glycocoll — Chlorbenzoyl — Hippursäure — Salzsäure.

Die in der Galle vorkommende Glycocollsäure (p. 189) kann durch längeres Kochen mit Kalilauge oder Barytwasser in Glycocoll umgewandelt werden.

787. Ob sich im Körper Leimzucker bilde und alsbald Verbindungen eingehe, aus welchen Hippursäure und Glycocollsäure hervorgehen, ist bis jetzt nicht nachgewiesen, jedoch nicht unwahrscheinlich.

Hippursäure kann im Körper sich bilden.

788. Man hat beobachtet, dass nach dem Genusse von Benzoäther, Benzoylwasserstoff, Bernsteinsäure, besonders aber Benzoe- und Zimmtsäure sich im Urine Hippursäure bei Thieren (Hunden) findet, bei denen sie normal nicht vorkommt, ebenso bei Menschen in vermehrter Menge. — Kühne und Hallwachs[2]) vermuthen, dass die Umwandlung der Benzoesäure in Hippursäure in der Leber erfolge, und zwar durch Spaltung der Glycocollsäure.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Benzoesäure} = C_{14}\ H_6\ O_4 \\ \text{Glycocoll} \quad - C_4\ H_5\ O_4\ N\end{array}\right\} = C_{18}\ H_{11}\ O_5\ N$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{Hippursäure} = C_{18}\ H_9\ O_6\ N \\ \text{2 At. Wasser} = \quad H_2\ O_2\end{array}\right\} = C_{18}\ H_{11}\ O_5\ N$$

(Dessaignes).

1) Strecker, Ann. d. Ch. LXXV, 27.
2) Kühne und Hallwachs in Arch. für path. Anat. XII, 386.

Digitized by Google

Butalanin. 789. e) Das Butalanin ist in der Milz und dem Pancreas des Ochsen zugleich mit Leucin gefunden worden (Gorup-Besanez).[1] Seine Formel ist $= C_{10} H_{11} O_4 N$.

Leucin. 790. f) Das Leucin ($C_{12} H_{13} O_4 N$) kommt neben Tyrosin sehr verbreitet im thierischen Körper vor. Man hat es in der Lunge, Leber, Milz, den Speicheldrüsen, der Thymus, dem Blute, dem Harne nachgewiesen, besonders auch bei Krankheiten (Frerichs und Städeler).[2] Um es darzustellen, macht man aus dem zerhackten Theile einen wässerigen Auszug, kocht und fällt das Filtrat mit Bleiessig, entfernt das Blei mit Schwefelwasserstoff, verdunstet die klare Flüssigkeit zur Syrupsdicke und zieht mit Weingeist aus. Bei Verdunstung der weingeistigen Lösung krystallisirt das Leucin. Vgl. p. 125. Man kann das Leucin aus den Proteinstoffen (auch aus Leim und Harn) bei der Fäulniss und beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure, sowie durch Schmelzen mit Kalihydrat gewinnen. — Auch künstlich ist es von Limpricht[3] dargestellt worden durch Kochen von Valeraldehydammoniak mit Blausäure und Salzsäure. — Im lebenden Körper wird es wahrscheinlich aus Proteinsubstanzen gleichfalls gebildet. Der nähere Hergang ist indess unbekannt. — Das Leucin zersetzt sich wiederum leicht, so z. B. durch Erwärmen mit Braunstein und verdünnter Schwefelsäure, in Kohlensäure und Valeroniteril; bei Destillation mit Bleisuperoxyd und Wasser in Ammoniak, Butyraldehyd und Kohlensäure (Liebig).[4]

Tyrosin. 791. g) Auch das Tyrosin ($C_{18} H_{11} NO_6$, s. p. 125) ist, wenn auch viel seltener als Leucin, gleichfalls im lebenden gesunden Thierkörper gefunden worden, häufig jedoch in kranken Organen (Frerichs und Städeler). Es kommt gewöhnlich mit Leucin verbunden vor. Man kann es durch Zersetzung des Caseins mit Kali (Liebig), sowie aus den übrigen Proteinsubstanzen darstellen, ferner aus Horn durch Kochen mit Schwefelsäure. — In der Fäulniss, besonders aber des pancreatischen Saftes (Scherer) bildet es sich leicht. Durch Oxydation des Tyrosins, z. B. durch Auflösen in überschüssiger Salpetersäure entsteht ein rother Farbstoff, Erythrosin, welcher manche Ähnlichkeit mit dem Blutfarbstoff hat (Städeler).[5]

---

1) Gorup-Besanez in Liebig's Ann. 1856, XCVIII, 15.

2) Frerichs und Städeler in Mitth. der naturf. Gesellsch. in Zürich III, 445; IV, 80. — Deutsche Klinik 1856.

3) Limpricht in Liebig's Ann. XCIV, 243.

4) Liebig, ebend. LXX, 313.

5) Städeler, ebend. 1860, CVI, 88. Der Verf. liefert sorgfältige Untersuchungen über die Constitution des Tyrosins.

Digitized by Google

792. h) Taurin (s. p. 190. $C_4\ H_7\ O_6\ S_2\ N$) kommt in der Galle mit Cholsäure als Taurocholsäure vor. Taurin.

$$\left.\begin{array}{l} C_{52}\ H_{45}\ O_{14}\ S_2\ N \text{ Taurocholsäure} \\ H_2\ O_2 \text{ Wasser} \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l} C_{48}\ H_{40}\ O_{10} \text{ Cholsäure} \\ C_4\ H_7\ O_6\ S_2\ N \text{ Taurin} \end{array}\right.$$

$$C_{52}\ H_{47}\ O_{16}\ S_2\ N \qquad C_{52}\ H_{47}\ O_{16}\ S_2\ N$$

Nach Cloëtta [1]) kommt es normal in den Lungen vor; Städeler und Frerichs [2]) fanden es im Blute und verschiedenen Organen von Knorpelfischen. — Künstlich wurde es von Strecker [3]) aus isäthionsaurem Ammoniak bereitet. — Die Isäthionsäure gehört zu den Glycolalkoholen.

793. Eine andere Reihe von Zersetzungen der Proteinkörper zu stickstoffhaltigen Substanzen stellen Stoffe dar, welche dem Cyan ($C_2\ N$) und dessen Verbindungen nahe stehen. Der wichtigste Körper ist der Harnstoff. Verwandt mit demselben sind die Harnsäure, das Allantoin, Sarkin, Kreatin, Kreatinin, Sarkosin. Cyanverwandte Verbindungen.

794. Harnstoff ($C_2\ H_4\ O_2\ N_2$), welcher als eine Verbindung von CO_2 mit HN_3 als Carbamid angesehen wird, findet sich im Harn, Blut, dem Amnioswasser, dem corpus vitreum des Auges, in hydropischen Flüssigkeiten. Er zerlegt sich durch Wasseraufnahme bei hoher Temperatur oder bei Anwesenheit von Fermenten u. s. w. in Kohlensäure und Ammoniak; bildet sich bei Zersetzungen von andern zur Cyangruppe gehörigen Körpern. Es ist noch nicht gelungen, den Harnstoff aus einer Proteinsubstanz direct herzustellen. Harnstoff.

795. Harnsäure ($C_{10}\ H_4\ O_6\ N_4$). Sie ist, ausser im Urin, in der Milz, Lunge und Leber gefunden worden. Durch Oxydation geht sie in verschiedene andere Substanzen über, wovon Allantoin und Harnstoff hervorzuheben sind. Schon beim Erhitzen liefert sie ein Sublimat von Harnstoff, Cyanammonium und Cyanursäure; durch concentrirte Salpetersäure wird sie in Alloxan und Harnstoff zerlegt; durch übermangansaures Kali in Allantoin und Kohlensäure. Harnsäure.

796. Allantoin ($C_8\ H_6\ O_6\ N_4$) kommt in der Allantoisflüssigkeit und im Kälberharn vor, krystallisirt in wasserhellen Säulen. Bei gelinder Wärme geht es unter Zusatz von Salz- oder Salpetersäure in Harnstoff über. Allantoin.

797. Sarkin oder Hypoxanthin [4]) ($C_{10}\ H_4\ O_2\ N_4$) findet sich in der Milz, dem Herzen, der Fleischflüssigkeit, der Leber, den Nieren und andern Organen, krystallisirt in Nadeln, löst sich in 78 Theilen kochenden und 300 Theilen kalten Wassers. Man erhält

1) Cloetta in Liebig's Ann. XCIX, 289.
2) Städeler und Frerichs in Journ. für pr. Chem. LXXIII, 52.
3) Strecker in Liebig's Ann. XCI, 101.
4) Strecker ebend. CII, 204; CVIII, 129.

Digitized by Google

es nach Scherer aus der Milz in Verbindung mit Harnsäure und Xanthin. [1])

Kreatin. 798. Kreatin (C_8 H_{11} O_6 N_3) kommt in der Fleischflüssigkeit, dem Harn, Blut, Gehirn vor, krystallisirt in wasserhellen Prismen, welche in 74 Theilen kalten Wassers, 9410 Th. absoluten Alkohol, nicht in Äther löslich sind. Es verwandelt sich beim Kochen mit Barytwasser in Sarkosin und Harnstoff; durch Einwirkung von Säuren in das gleichfalls in der Fleischflüssigkeit vorkommende Kreatinin (C_8 H_7 O_2 N_3).

Reihenfolge der cyanverwandten Verbindungen. 799. Die Reihenfolge, in welcher die genannten Substanzen aus den Proteinsubstanzen sich bilden, indem sie einen immer höhern Grad von Oxydation annehmen, möchte folgende sein: Sarkin, Harnsäure, Kreatin, Allantoin, Harnstoff.

Schwefelcyankalium. 800. Von Cyanverbindungen ist ferner Schwefelcyankalium (Rhodankalium) zu erwähnen. C_2 K S_2 N. Der Sauerstoff ist durch Schwefel ersetzt. Es wird im Körper wahrscheinlich auch aus Proteinsubstanzen bereitet und macht einen Theil des Mundspeichels aus.

801. Nach allen den angeführten Beobachtungen lässt sich vermuthen, dass auch im menschlichen Körper die Protein- und die damit verwandten Substanzen zerfallen 1) in stickstofflose Körper und zwar Kohlehydrate, fette Säuren und Aldehyde 2) in stickstoffhaltige, welche theils als Spaltungs-, theils als Zersetzungsproducte zu betrachten sind. Die Bedingungen, unter welchen diese Zerlegungen stattfinden, sind indess bis jetzt noch unbekannt.

Fett aus Stärke und Zucker. 802. Auch die stickstofflosen Stoffe, welche dem Körper einverleibt werden, Kohlehydrate und Fette, gehen als solche nicht aus dem Körper, sie müssen daher gleichfalls umgewandelt werden. Die Erfahrung hat gelehrt, dass ihre Zersetzung nur, oder jedenfalls hauptsächlich vor sich geht, wenn stickstoffhaltige Substanzen neben ihnen vorhanden sind. Da nun die letztern selbst die Elementartheile jener enthalten und daher auch dieselben Producte bilden können, so ist es oft sehr schwer, den Antheil der einen und der andern Reihe an den Zersetzungen zu erforschen.

Man stellt sich vor, dass die stickstofflosen Substanzen, welche in die Säftemasse eingehen — Zucker und Fett — hauptsächlich zur Bildung von Kohlensäure vernutzt werden, der sie allerdings viel näher stehen. Zudem spricht auch die Mischung der Nahrung für diese Hypothese. Auf 1 Theil stickstoffhaltiger Nahrung geniesst der Mensch, seinem Instincte folgend, 4—6 Mal soviel stickstofflose. Indess kann CO_2 auch bei dem alleinigen Genusse jener gebildet werden.

1) Scherer in Liebig's Ann. LXXIII, 328.

Digitized by Google

803. Die Entstehung von Fett im Körper erfordert nicht, dass eine ebenso grosse Menge desselben von Aussen eingeführt wird. Vielmehr machen viele Beobachtungen es höchst wahrscheinlich, dass sich Fett aus Stärkemehl, resp. Zucker im Körper bildet, obwohl diese Metamorphose noch nicht experimentell dargethan werden konnte.

804. Ein Schwein, welches 13 Wochen mit 333 Pfund Erbsen und 2275 Pfund gekochten Kartoffeln gefüttert wurde, erhielt nach Liebig [1]) in diesen Substanzen 7 und 1,6 Pfund Fett, zusammen 8,6 Pfund; es hatte vor der Mästung 18 Pfund Fett, nach derselben 50 Pfund, mithin 23,4 Pfund gewonnen, welche theilweise wenigstens aus dem Stärkemehl gebildet sein mussten. — Boussingault [2]) fütterte ganz junge Schweine blos mit Kartoffeln, und andere mit Kartoffeln, $^1/_{50}$ Roggenmehl, $^1/_8$ abgerahmter Milch und Wasser, in welchem Reste des Spülichts aus der Küche waren. — In der ersten Reihe von Versuchen war zwar eine Zunahme des Fleisches nachweisbar, aber die Fettmenge betrug wenig mehr, als die in den Kartoffeln bereits enthaltene (durch Äther ausziehbare Substanz). — Im zweiten Falle hingegen, in dem jedes Schwein mit seiner Nahrung in 8 Monaten 6,72 Kilogramm Fett erhalten hatte, fanden sich im Körper 15,46 Kilogramm. Es waren mithin 8,74 bereitet worden, da bei ganz jungen Schweinen der Fettgehalt fast 0 ist.

Dumas und Milne Edwards [3]) sperrten, wie vor ihnen Huber [4]) und Gundlach, [5]) Bienenstöcke ab und gaben den Bienen Honig. Nichtsdestoweniger ging in einem Stocke die Bereitung von Wachs, welches nur aus dem Zucker des Honigs entstanden sein konnte, ungehindert von Statten.

805. Bei der Umwandlung von Zucker in Fett muss O ausgeschieden werden, denn Traubenzucker enthält auf 36.36% C 56,56% O, während man bei Fett 70% und mehr C und 11% O annehmen kann.

Fett aus stickstoffhaltigen Substanzen.

806. Man kann jedoch die Fettbildung nicht allein der Umwandlung der Kohlehydrate zuschreiben, indem manche Beobachtungen für die Entstehung desselben aus Proteinsubstanzen sprechen. Ja, man könnte überhaupt es noch in Frage stellen, ob der angegebene Process als Umwandlung von Stärke oder Zucker in Fett anzusehen sei, oder ob nur die Proteinsubstanzen, deren Gegenwart eine unerlässliche Bedingung bei diesem Vorgange zu sein scheint, den Kohle-

---

1) Liebig, Thierchemie 1846 3. Aufl., p. 102. Chem. Briefe 1851, p. 486.
2) Boussingault in Ann. de chim. XIV, 419, 1845, und C. r. XX, 1726.
3) Dumas und Milne Edwards in Ann. de chim. 3. Sér. XIV.
4) Huber, Sur les abeilles II, 1.
5) Gundlach, in Liebig's Thierchemie 1814, p. 307.

Digitized by Google

hydraten die Kohle entziehen, um Fett daraus zu bilden, während die übrigen Elemente HO wieder zu Wasser zusammentreten. [1])

Bei einer Temperatur von 25 bis 30° R. bildet sich aus Traubenzucker mit Käse und Kreide zuerst Milchsäure (Engelhardt und Maddrell), [2]) dann unter Entwickelung von Kohlensäure und Wasserstoff Buttersäure (Pelouze und Gelis). [3])

Buttersäure bildet sich aus dem fettfreien Fibrin, ebenso durch Fäulniss aus Eiweiss; [4]) Muskeln von Leichnamen, die lange in Wasser lagen, verwandeln sich in Fettwachs, Adipocire (Chevreul, [5]) Quain, [6]) Virchow, [7]) Wetherill) [8]). — Fürstenberg [9]) beobachtete, dass die Mästung nicht gelingt, wenn man zu 1 Eiweiss 5 Amylaceen füge, wohl aber, wenn man nur 3 der letztern anwende. Eine sehr starke Körperzunahme, welche sicher zu einem grossen Theile auf Bildung von Fett beruhte, beobachtete Hoppe [10]) bei einem Hunde, der mit Fleisch und Zucker gefüttert wurde.

Leberzucker. Auch die Analogie scheint für die Bildung des Zuckers resp. Fettes aus N-Substanzen zu sprechen. Nach den Untersuchungen von Bernard erzeugt die Leber aus dem Blute der Pfortader selbst dann Traubenzucker, wenn ein Thier blos stickstoffhaltige Nahrung, — weder Stärkemehl und Zucker noch Fett, — erhalten hat.

Oxydationen im Körper. 807. Die schon oben angedeutete Vermuthung, dass während der chemischen Processe im Organismus beständig Oxydationen erfolgen, findet eine weitere Stütze in folgenden Erfahrungen.

Wöhler [11]) fand, dass die neutralen pflanzensauren Alkalien im Körper in kohlensaure übergehen und als solche im Urine vorkommen, also ebenso oxydirt werden, als wenn man sie in O verbrennt. Ranke [12]) beobachtete, dass Indigo im Körper in Chromogen; Salicin in Saligenin und Salicylwasserstoff; Amygdalin in Ameisensäure

---

1) Die Untersuchungen von Pasteur (Ann. d. Ch. CV, 264; CVI, 338) haben gezeigt, dass bei der weinigen Gährung sich neben andern Substanzen (Kohlensäure, Weingeist, Glycerin, Bernsteinsäure) auch Fette bilden, welche wahrscheinlich als Product der Zersetzung von Hefezellen angesehen werden können.

2) Engelhardt und Maddrell in Liebig's Ann. LXIII, 83.

3) Pelouze und Gelis in Ann. d. Chim. 3. Sér. X, 434.

4) Vgl. Liebig's Ann. LV, 78; LVII, 127; LIX, 375; LXIII, 264; LXIV, 50.

5) Chevreul, Sur les corps gras.

6) Quain in Medico Chir. Transact. 1850, p. 141.

7) Virchow in Würzb. Verh. III, 361.

8) Wetherill in Journ. für prakt. Chemie LXVIII, 26.

9) Fürstenberg in Virchow's Archiv X, 165.

10) Hoppe, ebend., p. 144.

11) Wöhler in Zeitschr. für Phys. v. Tiedemann I, 305. — Vgl. auch Wöhler und Frerichs in Ann. der Chem. LXV, 335.

12) Ranke in Journ. für pr. Chem. LVI, 17.

Digitized by Google

umgesetzt wird, und bemerkt zugleich, dass man dieselben Veränderungen hervorbringen könne, wenn man die genannten Stoffe einer Gährung mit Zusatz von kohlensauren Alkalien unterwerfe. Nach Bence Jones [1]) soll im Urine Salpetersäure sich nachweisen lassen, wenn kohlensaures Ammoniak oder Harnstoff eingenommen wird, was jedoch andere Chemiker (Lehmann)[2]) in Abrede stellen. Jones beobachtete, dass durch Behandlung des Harnstoffs mit Schwefelsäure sich Salpetersäure bildet. — Diesen Processen innerhalb des Körpers schliessen sich die Bildungen der Kohlensäure, des Wassers, der Schwefel-, Phosphorsäure aus Kohle, Wasserstoff, Schwefel und Phosphor mit Sauerstoff an.

C. Formbildung. Zellenleben.

Thierische Zellen.

808. Die beständige Bildung und Rückbildung der Form der einzelnen Körpertheile kann nur begriffen werden, wenn man von der Entwickelung derselben ausgeht. Nach den Entdeckungen von Schwann [3]) besteht jeder Theil des Thierkörpers bei seinem ersten Entstehen aus Zellen. Eine vollständige Zelle ist eine Blase, welche eine kleinere Blase, den Kern, nucleus, in sich trägt, und in diesem wieder einen dritten, vielleicht gleichfalls blasenartigen Körper, das Kernkörperchen, nucleolus. Ausser Kern und Kernkörperchen findet sich noch ein weiterer Inhalt in der Zelle; so dass man also an der vollkommenen Zelle vier Theile unterscheidet. Die embryonalen Zellen verwandeln sich in die einzelnen Gewebtheile des Körpers, wie wir sie nach der Geburt finden. Obgleich nun hier die frühere Form in den meisten Geweben nicht mehr kenntlich ist, so ist man doch berechtigt, alle, wenn auch veränderten Gewebtheile, ihrem Wesen nach als Zellen und Zellenproducte zu betrachten. Man kann daher sagen, dass der ganze Organismus aus Zellen aufgebaut ist, welche einzelne entwickelungsfähige, mit eigenthümlichen Kräften versehene Gebilde darstellen, und deren Verbindung zu einander die Organe ausmacht. Obgleich das Zellenleben noch nicht vollständig aufgeklärt ist, so kann man doch schon soviel sagen, dass während des ganzen Lebens Zellen von Neuem geboren werden, dass sie durch Vermittelung ihrer Wände in Wechselverkehr mit ihrer Umgebung treten, eine osmotische Strömung zu Stande kommt, das

---

1) Bence Jones in Ann. d. Ch. LXXVIII, 251; LXXXII, 368; XCII, 90.
2) Lehmann in Schmidt's Jahrb. LXXIX, 117.
3) Schwann, Mikrosk. Unters. über die Übereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839.

Digitized by Google

Eingeführte von der Zelle zu flüssigen oder festen Stoffen umgewandelt wird, dass die Zelle einem Wachsthume und endlichem Vergehen unterworfen ist.

809. Die wichtigsten Gesichtspunkte, welche man von der Zelle ins Auge zu fassen hat, betreffen mithin vorzugsweise den Inhalt und die Umgebung der Zelle, ihr Wachsthum, ihre Fortpflanzung und ihr Vergehen.

Inhalt und Umgebung der Zelle.

810. 1) Inhalt und Umgebung der Zelle. Man findet in vielen Zellen Fett, in andern eine körnige Masse, in andern Pigment u. s. w. Die Zellen werden sehr gewöhnlich von einer bald flüssigen, bald festen Masse umgeben, welche man Intercellularsubstanz nennt. Beides, Inhalt wie Umgebung, können eine doppelte Entstehung haben, entweder nämlich sind sie Producte der Zelle oder sie kommen aus der Nachbarschaft, sind in die Zelle eingedrungen oder umfliessen sie. So ist ohne Zweifel der Inhalt der zu Fasern umgestalteten Muskelzellen ein Product derselben, während viele Zellen das Fett aufnehmen, welches in der Nachbarschaft sich befindet, wie dies vielleicht in dem Fettpolster unter der Haut der Fall ist, wie ferner dies oben (p. 209) von den Zellen des Zottenepithels erwähnt wurde. Die Blutkörperchen sind gleichfalls Zellen, welche in einer reichlichen Intercellularflüssigkeit, dem liquor sanguinis, schwimmen. Diese gehört zum allerkleinsten Theile den Zellen an, sie ist von Aussen zugetreten. So ist es fast mit allen Intercellularflüssigkeiten. Anders verhält es sich mit den festen Intercellularsubstanzen, wie man sie z. B. in den Knorpeln, Knochen u. s. w. findet, welche man als Product der Zellen ansieht. In diesen Fällen ist die Zelle also auch nach Aussen hin thätig, in andern beschränkt sich ihre Thätigkeit zum grössten Theile nach Innen. Dies ist z. B. bei den Muskelfasern der Fall. Ihre Intercellularsubstanz ist die organische Tränkungsflüssigkeit, von der oben die Rede war, aber nicht ein festes, organisirtes Gebilde. Denn wenn auch Bindegewebe die Muskelfasern umgibt, so kann dies doch nicht als Intercellularsubstanz betrachtet werden. Ebenso verhält es sich mit den Nerven.

Wachsthum der Zelle.

811. 2) Das Wachsthum der Zelle kann sowohl der Länge, als auch der Breite und Dicke nach vor sich gehen. Man sieht besonders bei pathologischen Neubildungen Zellenformen neben einander, welche offenbar verschiedene Entwickelungen darstellen, so z. B. runde Zellen, andere, welche an einem oder an beiden Enden zugespitzt sind, andere, welche vollständige Anhänge an sich tragen. So entstehen auch aus den ursprünglichen embryonalen Zellen die glatten Muskelfasern, von denen jede nichts Anderes darstellt, als eine in die Länge gezogene Zelle mit Kern, wie zuerst Kölliker nachgewiesen hat, der sie auch Faserzellen nennt. Derselbe Forscher hat

Digitized by Google

gezeigt, dass jede einzelne quergestreifte Muskelfaser eine einzige verlängerte Zelle ist, welche sich der Länge und Breite nach mehr entwickelt. Bei andern Geweben vereinigen sich die verlängerten, zu Röhren umgestalteten Zellen mit einander entweder geradlinig, wie die Nervenröhren, oder netzförmig, wie die Capillargefässe. — Bei den Nervenröhren verschwinden die Kerne und es bleibt nur noch die Hülle und ihr Inhalt zurück. Bei den Capillargefässen bleiben aber die Kerne fortwährend bestehen.

Bei andern Zellen ist ein solches Längewachsthum nicht wahrnehmbar. Hier bleibt daher die Zellenform das ganze Leben hindurch deutlich erhalten. Dies ist namentlich bei den Knorpeln, den Drüsen, den meisten Epithelien und den frei in Flüssigkeiten schwimmenden Kügelchen, wie Blut- und Lymphkörperchen der Fall. Von diesen vier genannten Zellenarten wachsen nur die beiden erstern, indem sie an Breite und Dicke zunehmen, von den beiden letztgenannten wachsen nur einzelne Epithelarten; die eigentlichen Epithelien hingegen, sowie die frei schwimmenden Körperchen wachsen nicht.

Bildungsthätigkeit der Zelle.

812. 3) Bildungsthätigkeit der Zelle. Wenn wir sehen, dass ein Organ, wie die Leber, deren bei Weitem grösste Masse aus Zellen (p. 181) besteht, eine so eigenthümliche Flüssigkeit, wie die Galle absondert, wenn wir ferner beachten, dass selbst Galle abgesondert wird, wenn auch die vena portarum ihr Blut nicht zur Leber führt (p. 198), so bleibt nur die Annahme übrig, dass entweder der Nerveneinfluss die Bereitung von Galle aus Blut in der Leber bewirke, oder dass die Zellen die organischen Bildungsheerde darstellen. Mit Virchow (vgl. dessen Cellularpathologie) halte ich die letztere Ansicht für die richtige. Es gibt Organe, welche nervenlos sind, wie die Gelenkknorpel, und dennoch kommen in ihnen Erscheinungen vor, welche den angegebenen an die Seite zu stellen sind. So hat Redfern beobachtet, dass Reizung der Gelenkknorpel eine hügelartige Erhebung der Oberfläche hervorbrachte, ihre Zellen sich beträchtlich vermehrten. Wenn man durch eine Hautstelle einen Faden durchzieht, und selbst einen Nerven trifft, wie Virchow wirklich gesehen hat, so erscheint die darauf folgende Entzündung nicht in der ganzen Verbreitung des Nerven, sondern in der Umgebung der Reizung. Dasselbe hat man an dem nervenlosen Theile der cornea wahrgenommen. — Wir werden in der Nervenphysiologie hören, dass die Sehnerven, direct gereizt, nicht eine Empfindung von Licht haben und dass es auch hier die eigenthümlich dazu bestimmten Apparate der retina sind, welche von den Nerven angeregt werden. Diese Apparate sind aber zuletzt wiederum Zellen. — Kurz, alle Erscheinungen deuten darauf hin, dass nicht durch das Blut, nicht durch die Nerven, die in den Körpertheilen gebildeten Stoffe,

Digitized by Google

seien es feste oder flüssige, ihre Gestalt und Zusammensetzung erhalten, sondern vielmehr durch die Zellen. Zu den meisten ihrer Verrichtungen bedürfen sie der Anregung von Nerven, aber nicht immer, nicht bei allen ist dies der Fall. Zu allen ihren Äusserungen brauchen sie natürlich Material, und dies kommt zuletzt aus dem Blute, aber der directe Zufluss desselben ist keine Nothwendigkeit; die Tränkungsflüssigkeit, welche auch aus der Nachbarschaft zugeführt werden kann, genügt. Der Knorpel, der grösste Theil der cornea, die Linsenkapsel sind gefässlos; sie nehmen aber dennoch an den Ernährungsprocessen Antheil. Haben wir uns einmal mit dem Gedanken vertraut gemacht, dass die Zelle ein Organismus im Kleinen ist, der nicht nur wachsen, sondern auch chemische Processe einleiten kann, so werden wir nothwendig darauf geführt, auch zuzugeben, dass die verschiedenen Arten von Zellen auch specifisch verschieden sind, dass trotz der Ähnlichkeit der Form, welche alle embryonalen Zellen und selbst viele noch nach der Geburt haben, doch ihr Charakter, ihre Leistungsfähigkeit nicht dieselben sind. Man wird annehmen müssen, dass aus demselben Blute, aus welchem die Zellen der Speicheldrüsen Speichel bereiten, die des Magens Pepsin erzeugen u. s. w. Die Aufgabe der Wissenschaft wird es aber sein, die Bedingungen immer näher zu erforschen, welche in jedem Organe die Zellen fordern, um sich thätig zu äussern, es mögen Druckverhältnisse, chemische, elektrische, magnetische oder andere Kräfte sein, welche mitwirken.

Specifische Verschiedenheiten der Zellen.

813. Folgerecht werden wir weiter annehmen müssen, dass die verschiedenen Zellenarten eine grössere oder geringere Verwandtschaft zu einzelnen Stoffen haben, welche der Säftemasse zugeführt werden. Dies zeigt auch die Erfahrung.[1]) Trinkt man eine Lösung von etwa 4—6 Gran Jodkalium in Wasser und spült den Mund wohl aus, mischt dann von Minute zu Minute Speichel mit kleinen Portionen angesäuerten[2]) Kleisters, so bläut sich gewöhnlich erst die Portion, welche 5 Minuten nach dem Einnehmen angespeichelt worden ist; jedoch zeigt dies individuelle Verschiedenheiten. Im Urine lässt sich aber das Jod erst viel später nachweisen. — Ebenso erscheint dasselbe früher in dem pancreatischen Safte, in den Thränen als in der Galle und dem Harn. Die Submaxillardrüse nimmt dasselbe eher auf, als die Parotis. — Zuckerlösungen, welche in die Venen injicirt werden, gehen nicht in die Milch, wohl aber in die Galle über. — Kaliumeisen-

1) Man vgl. Bernard in Arch. gén. 1853. Janv. — Michaelis in Archiv für path. Anat. X, 109.

2) Der Kleister muss sauer sein, weil Jod, aber nicht Jodkalium denselben bläut, weshalb das Kalium durch die Säure vom Jod geschieden werden muss.

Digitized by Google

cyanür wurde von Tiedemann und Gmelin[1]) nicht in den Thränen, wohl aber in dem liquor pericardii gefunden. — Strychnin wirkt auf das Rückenmark, d. h. auf die demselben eigenen (Ganglien-)Zellen, nicht auf die peripherischen Nerven, während Opium beide afficirt. Hieran schliessen sich die Erfahrungen über die Wirkung von Heilmitteln auf einzelne Organe. Alle diese Erfahrungen sprechen dafür, dass die Zellen specifisch in ihren Functionen sind.

Bewegung der Zellen.

814. 4) Bewegung der Zellen. Wenn man den Repräsentanten der thierischen Bewegung, die Muskelfasern, als Zelle zu betrachten hat, so kann es von vornherein nicht auffallen, wenn auch andere Zellen, welche ihre ursprüngliche Form beibehalten haben, gleichfalls sich contrahiren. Nicht von allen Zellen ist bis jetzt eine Bewegung nachgewiesen, aber allerdings bereits von einer grossen Zahl. — Ich gebe hier die von Kölliker (Gewebel., p. 38) entworfene Übersicht wörtlich wieder: 1) die Zellen der Leibessubstanz einfacher Thiere (Hydra, Spongillen).

2) Inhalt der unbefruchteten oder befruchteten Eier (Zellen von Planarienembryonen, Furchungskugeln der Frösche), Ecker; Dotterkugeln des unbebrüteten Hühnereies,[2]) Remak; Dotter der Eier von Gasterosteus, Ransom; Nahrungsdotter des befruchteten Hechteies, Reichert.

3) Die farblosen Blutzellen (Wharton Jones).

4) Gewisse Epithel- und Drüsenzellen (Flimmerzellen, Schleimkörperchen), Huxley; Eiterkörperchen, Lieberkühn; Leberzellen von Kaninchen, Leuckart; Inhalt der einzelligen Drüsen von Distoma lanceolatum, Walter.[3])

5) Pigmentzellen von Batrachiern und von Chamäleo, Brücke u. A., Bindegewebszellen von Cyanea, Huxley und von Cassiopeia und Torpedo, Kölliker; Parenchymzellen der Cellulosenhülle von Polyclinum, Kölliker.[4])

6) Zellen des Muskelgewebes. (Embryonale Muskelzellen der Herzen von Alytes, Sepia, Limax, Gallus, beobachtet von Vogt, Kölliker, Gegenbaur, R. Wagner; Muskelzellen aus dem Herzen von Wiederkäuern, contractile Faserzellen, quergestreifte Muskelfasern.)

1) Tiedemann und Gmelin in Gmelin's Chemie II, 1835

2) Sehr schön sind die eigenthümlichen, schon von Carus beschriebenen Bewegungen der reifen Eier von Anodonta cygnea, welche ich häufig beobachtet habe.

3) Billroth (Müll. Arch. 1858, p. 174) sah die flimmernden Mundepithelien des Wassersalamanders sich bedeutend zusammenziehen. Vgl. auch Spengler in Virchow's Arch. 1858, p. 163.

4) Vgl. auch H. Müller in Würzb. Zeitschr. 1860.

Digitized by Google

7) Samenfäden. [1])

815. Von welchem Zellentheile die Bewegung ausgeht, ist nicht überall festgestellt. Bei den quergestreiften Muskeln steht es fest, dass es der Inhalt sei; von verschiedenen Forschern, wie Donders, Kölliker u. A. wird als höchst wahrscheinlich angenommen, dass niemals in der Zellenhaut, sondern nur im Zelleninhalt in allen Fällen die Bewegungsquelle ihren Sitz habe.

Von manchen Zellen ist bis jetzt eine Bewegung noch nicht mit Sicherheit beobachtet worden, so von den Blutkörperchen. Freilich haben früherhin mehre Beobachter auch hier eine Bewegung zu sehen geglaubt, jedoch ist dies, wie mir scheint, sehr zweifelhaft. An dem Epithel der Häute, an den Ganglienzellen, den Knorpelzellen ist gleichfalls noch keine Bewegung wahrgenommen worden.

Entstehen und Altern der Zellen.

816. 5) Entstehung und Altern der Zellen. Vormals hatte man allgemein angenommen, dass die Zellen aus einer Flüssigkeit, dem Cytoblastem, sich neu bilden, indem sich die Zelle um einen freien Kern wie ein Uhrglas herumlegte (Schleiden, Schwann). In der neuern Zeit hat man aber diese ältere Theorie gänzlich verlassen, indem man immer häufiger Fälle beobachtete, in denen sich vorhandene Zellen einschnüren und theilen. Diese Vermehrung geht, wie es scheint, immer von den Kernen aus, welche sich durch Theilung mehren. So findet man häufig in einer Zelle 2, 4, und mehr Kerne. Dieser Zunahme der Kerne folgt dann eine Umlagerung eines Theiles der Zellenhülle mit ihrem Inhalte, und endlich eine vollständige Abschnürung. Bei der Entwickelung der Eier hat man vorzüglich Gelegenheit, die Zellentheilung, welche man hier Furchungsprocess (p. 32) nennt, zu beobachten; krankhafte Geschwülste zeigen es nicht weniger und bei der Entwickelung der Knochen (p. 50) ist die Zunahme neuer Zellen ganz exorbitant. — Die Fortpflanzung der Zellen durch Theilung wurde besonders von Reichert, Remak, Virchow und Kölliker studirt.

Kernbildungen.

817. Wenn überall, wo Neubildungen vorkommen, eine excessive Kernbildung wahrgenommen wird, und wenn, wie gesagt, gerade vom Kerne die Theilung der Zellen ausgeht, so müssen wir diesem Theile eine besondere Wichtigkeit für das Wachsthum zuschreiben. Man könnte deshalb vermuthen, dass nur Zellen, welche noch einen Kern haben, weiter wachsen, und solche, welche dessen ermangeln, aufgehört haben zu wachsen. Dies lässt sich jedoch nicht durchführen. Zellen der Oberhaut eines neugeborenen Kindes von der Fusssohle

1) Über Bewegungen der Samenfäden vgl. Claparède in Zeitschr. für wiss. Zool. IX, 109.

Digitized by Google

oder der Zunge sind kernhaltig und nicht kleiner, als die vom Erwachsenen. Die Blutkörperchen von Vögeln, Fischen, Amphibien haben Kerne, nicht die von Säugethieren und dem Menschen; beide Arten sind bei Neugeborenen jedenfalls nicht kleiner, als später. — Man hat mithin keinen sichern Grund zu behaupten, dass das Fehlen des Kernes ein Zeichen des Alterns der Zellen sei. Wohl aber ist es wahr, dass die Schuppen der Epidermis, welche sich abschilfern, kernlos sind; aber nicht deshalb, weil sie altern. Der Kernmangel ist um so auffallender, weil die Kerne eine grosse Resistenz zeigen. Es gibt viele Stoffe, welche die Zellen zerstören oder unkenntlich machen und die Kerne unversehrt lassen (vgl. p. 182).

818. Die Fortpflanzung der Zellen erfolgt vor der Geburt und in den ersten Lebenszeiten rascher, als später. Man kann dies z. B. an den Muskelfasern und den Knorpelzellen deutlich nachweisen, weil hier viel mehr die in der Entwickelung begriffenen Gewebe neben einander vorkommen, als in ausgewachsenen Individuen. Obwohl also die Theilung der Zellen ohne Zweifel der allgemeinste Vorgang bei deren Vermehrung zu sein scheint, so hat man doch noch nicht volle Berechtigung, die freie Zellenbildung gänzlich zu läugnen, bis hierüber noch mehr Erfahrungen vorliegen. Einfluss des Alters.

819. 6) Bedingungen zur Lebensäusserung von Zellen. Sehr viele, vielleicht kann man hinzusetzen, die ausgebildetsten Zellen erfordern Blutzufluss und Nervenerregung zu ihrem Fortbestande, andere hingegen gedeihen, wie schon oben erwähnt, ohne Blut, wenn sie nur mit Tränkungsflüssigkeit versehen sind, und auch ohne Nerven. (In wie weit die Muskeln von diesen Bedingungen abhängig sind, davon wird im 3. Buche gehandelt werden.) Das Blut oder die Tränkungsflüssigkeit haben wahrscheinlich für die Zelle keine andere Bedeutung, als dass sie bloss das Material liefern, welches die Zelle verarbeiten muss. Hingegen wirken die Nerven, wenn sie vorhanden sind, in ganz anderer Weise. Wir können uns keinen Lebensvorgang in den Zellen denken, ohne anzunehmen, dass dabei die kleinsten Theilchen eine gewisse Veränderung in ihrer gegenseitigen Lagerung erfahren Zu einer solchen molekularen Bewegung bedarf es aber eines Antriebes. In vielen Fällen geht aber von den Nerven eine Anregung aus, durch welche die Bewegungskraft in die Erscheinung tritt. Wenn sich Erregungen von dieser Seite her wiederholen und Stoff genug zur Disposition steht, so steigern sich in Wachsthum, Fortpflanzung, Bewegung und allen den Zellen zukommenden Eigenschaften ihre Lebensäusserungen. Was wir Übung nennen, ist nichts anderes, als eine solche Zunahme der organischen Thätigkeit von Muskel- oder Drüsenzellen, welche oft durch Ein- Lebensbedingungen der Zellen.

Digitized by Google

wirkung des Gehirns auf die Nerven von diesen hervorgerufen wird. Der sich wiederholende Einfluss des Willens, welcher bei der Übung sich äussert, erregt die Nerven und diese ihrerseits bringen eine veränderte Lagerung der kleinsten Zellentheilchen zu Stande, welche um so leichter erfolgt, je öfter sie entstanden war.

Von besonderem Interesse sind Erregungen von Zellen, welche keine Nerven haben, wovon oben die Rede war.

Zellenkern.

820. 7) Bedeutung des Zellenkerns. Bei pathologischen Neubildungen, bei energischem Wachsthumsprocess, bei Regeneration der Gewebe sieht man massenhaft neue Kerne sich bilden; es gibt Gewebe, wie das Bindegewebe, bei dem es zweifelhaft ist, ob es überhaupt zur Zellenbildung kommt und die Grundlage nicht lediglich von Kernen ausgeht; bei Zellentheilungen hat man sehr gewöhnlich zuerst eine Kerntheilung beobachtet; die Zellenhülle scheint überhaupt von keiner eingreifenden physiologischen Bedeutung zu sein, sie kann sich verdicken und neue Anlagerungen gewinnen. Alles dies macht es wahrscheinlich, dass das Wesentliche der Zelle der Kern sei, dass vielleicht der Zelleninhalt, die Zellenhülle und die Intercellularsubstanz nur seine Producte sind.

Generatio aequivoca der Zellen.

821. Wenn sich die Dignität des Zellenkerns wirklich so bestätigt, wie man heut zu Tage sie gelten lässt, wenn ferner es sich als allgemeines Gesetz herausstellen sollte, dass die Theilung die einzige Fortpflanzungsweise der Zellen wäre, so würde im Zellenorganismus ebenso die generatio aequivoca schwinden, wie sie auch in der Fortpflanzung der Individuen als unhaltbar sich herausgestellt hat.

Arten des Wachsthums.

822. Die Verschiedenheit der Form und Function der Zellen lässt schon vermuthen, was die Erfahrung bestätigt hat, dass die Bildung und das Wachsthum der einzelnen Theile auf verschiedene Weise vor sich geht. Vieles ist hierin jedoch noch nicht aufgeklärt.

Man hat früherhin zweierlei Arten von Wachsthum unterschieden, nämlich durch appositio und intussusceptio. Unter jenem verstand man die Art des Wachsens, bei welcher, von einer bestimmten Stelle aus, welche man matrix nennt, neue Formelemente sich bilden und die vorhandenen vorwärts geschoben werden, so dass die frischen Lagen die alten verdrängen, wie dies z. B. an dem Nagel der Fall ist. Bei der andern Art des Wachsens durch intussusceptio nahm man an, dass die Organtheile in ihren innern Molekülen sich vermehrten. — Obwohl diese Eintheilung Manches für sich hat, so lässt sie sich doch nicht zur schärferen Abgrenzung der Verhältnisse anwenden. Wir werden im Folgenden

Digitized by Google

hauptsächlich auf die Function der einzelnen Zellenreihen die Eintheilung gründen.

I. Oberhautgebilde.

Oberhautgebilde.

823. Vom morphologischen Standpunkte aus rechnet man zum Oberhautgewebe dasjenige, welches aus eng verbundenen meist kernhaltigen Zellen ohne Zwischensubstanz besteht. Wir fassen vom physiologischen Standpunkte aus alle diejenigen Gebilde zusammen, welche gefäss- und nervenlos, daher ohne Gefühl und von einem unter ihnen liegenden Haupttheil insofern abhängig sind, dass sie dessen Form annehmen, nur mit demselben bestehen, von seiner Oberfläche aus sich bilden, und durch immer neue Schichten oder Lamellen oder Zellen, durch welche die vorliegenden weiter geschoben werden, wachsen. Demnach rechnen wir dahin die Epidermis der äussern Haut, die Nägel, Haare, die viel dünnern Zellenlagen, welche alle Schleimhäute überdecken; die Linse und die Zähne, und trennen davon das Epithel der Drüsen und serösen Häute. Der wesentliche Zweck der Oberhautgebilde ist vorwaltend ein mechanischer; so dient z. B. die Oberhaut zum Schutze für die unterliegenden nervenreichen Organe. Jedoch dienen sie daneben auch noch der Absonderung, wie unten weiter erörtert wird. Sie sind sämmtlich ohne Gefässe und Nerven, und werden durch appositio gebildet.

Epidermis.

824. a) Epidermis. Die Epidermis steht in nächster Verbindung mit der obern Schicht der cutis, der sog. Papillarschicht, welche durch die $^1/_{20}$—$^1/_{40}$‴ hohen, $^1/_{40}$—$^1/_{60}$‴, breiten an vielen, wenn auch nicht an allen Hautstellen vorkommenden Erhabenheiten, den sog. Hautwärzchen, papillae corii, ausgezeichnet ist. Die untere Lage der Epidermis, Schleimschicht, rete Malpighii genannt, enthält kernhaltige Zellen, von denen die untersten gewöhnlich länglich, die obern rund sind. In der Hornschicht verlieren die Zellen ihre regelmässige Form, haben ein plattenförmiges Ansehen und verlieren grösstentheils ihren Kern (an den labia majora und minora, der glans penis und dem praeputium enthält nach Kölliker die Hornschicht stets kernhaltige Zellen). Die Hornschicht zeigt eine fast lamellenartige Lagerung der dichten Zellen. Sie macht den Übergang zu dem Nagel. — Die obersten Epidermis-Plättchen lösen sich bekanntlich immerfort ab, zumal an schwitzenden Hautstellen. An der behaarten Kopfhaut ist die Abschilferung sehr bedeutend und man bemerkt

Figur 93.

Epidermisplättchen der menschlichen Haut, dicht über der cutis. 180 Mal vergrössert.

Digitized by Google

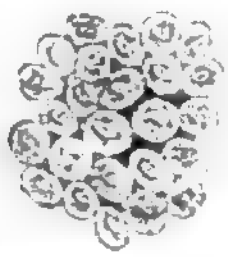
namentlich bei Kindern, bei welchen diese Abschilferung überhaupt stärker als bei Erwachsenen ist, im Herbste und Frühjahr eine deutliche Vermehrung. Wenn bei einer Stockung in den Hautgefässen, wie bei der Verbrennung, Blutflüssigkeit auf der Oberfläche der cutis ausschwitzt, so hebt sich die Oberhaut blasenförmig, trocknet und schilfert sich ab. — Beständig findet eine Neubildung Statt. Es ist aber die Art derselben noch unbekannt. Man könnte nämlich zunächst daran denken, was auch das Wahrscheinlichste ist, dass die cutis das Bildungsorgan sei. In der cutis ist Bindegewebe. Viele Forscher nehmen an, dass in jedem Bindegewebe Zellen enthalten seien und es liesse sich also vermuthen, dass aus diesen Bindegewebezellen durch Theilung und Abschnürung neue Zellen der Schleimschicht sich bilden, oder dass eine freie Entstehung von Zellen aus einem Cytoblastem vorkomme. — Eine zweite Annahme wäre die, dass der dicht auf der cutis aufliegende Theil der Schleimschicht, welcher sich nicht mit abhebt, wenn die Epidermis eine Blase bildet, sich stetig durch Zellentheilung vermehrt und von der cutis nur insofern abhängig ist, als er seinen Ernährungsstoff aus derselben bezieht. — Es sind noch nicht genug Beobachtungen vorhanden, um für die eine oder andere Theorie sich bestimmt zu entscheiden.

Schleimhautepithel.

825. b) Epithel der Schleimhäute. Es erscheint entweder *α*) in Plattenform (nach der Ähnlichkeit mit Pflastersteinen — Pflasterepithel genannt). Es kommt vor in der Mundhöhle, der untern Hälfte des pharynx, der Speiseröhre, auf den Stimmbändern und einem kleinen Streifen an der die cartilagines arytaenoideae auskleidenden Schleimhaut, an den Thränencanälchen, der conjunctiva des Auges, den feinern Gallengängen, den oberflächlichen Lagen im Nierenbecken und den Ureteren, der Harnblase, dem Cervicaltheil des uterus, der Scheide, der weiblichen urethra. An allen diesen Stellen hat das Epithel mehre Schichten. — Einfaches Pflasterepithel hat das vas deferens.

β) in Cylinderform. Es kommt in der ganzen Schleimhaut des Darmcanals vor. In der Speiseröhre ist Pflasterepithel, welches in

Figur 94.



Pflasterepithel aus der Harnblase des Frosches.

Figur 95.

Cylinderepithel aus dem Ureter vom Menschen.

der Nähe der cardia an Grösse abnimmt und an der cardia cylindrisch wird und so bis zum After bleibt. Die Schleimhaut der Gallen-

Digitized by Google

blase, der grössern Gallengänge, des ductus Wirsungianus, der männlichen urethra, der Samenblasen, der prostata, der Ausführungsgänge der Cowperschen und Bartholinschen Drüsen, die tiefern Lagen der Ureteren und des Nierenbeckens sind mit Cylinderepithel besetzt.

γ) in Cylindern, welche an ihrem freien Ende mit kleinen sich bewegenden Härchen besetzt sind, Flimmerepithel. Hiervon wird im 3. Buche gehandelt.

Abfallen des Epithels.

826. Die Schleimhautepithelien fallen gleichfalls ab, wie die Epidermiszellen. Daher ist nicht nur die Mundflüssigkeit reichlich mit Epithelien versehen, sondern auch der Schleim im Kehlkopf, der Luftröhre, den Lungen, im Darmcanale. Der grösste Theil des Schleims der Respirationsorgane wird durch die Exspirations- und Flimmerbewegung in den Rachen und von da in den Magen befördert und geht schliesslich mit dem Darmschleime durch die Excremente ab.

Verdickung der Oberhautzellen.

827. Epidermis und Epithelien können durch einen an der betreffenden Hautstelle angebrachten Reiz sich verdicken. Schwielen und Hühneraugen entstehen meistens durch Druck; die Anhäufung des Epithels auf der Zunge scheint in vielen Fällen wenigstens von einer Reizung der Zungenschleimhaut abzuhängen. — Welche Umstände bei solchen Verdickungen stattfinden, ist noch nicht aufgeklärt. Wenn es auch möglich ist, dass die Zellen selbst durch die veranlassende Ursache sich vermehren, so scheint doch die unterliegende Haut gleichfalls von Einfluss zu sein. Denn offenbar bilden sich die Verdickungen leichter, wenn die Neigung zu Stasis an einer Stelle grösser ist.

Dicke der Epidermis.

828. Harting gibt an, dass die Epidermiszellen der Fusssohle bei neugeborenen Kindern und Erwachsenen gleich gross seien. Dies ist auch wirklich der Fall, auch beim Zungenepithel verhält es sich so. Diese Erscheinung findet ein Analogon in den Blutkörperchen, welche bei dem Neugeborenen gleichfalls schon ausgewachsen sind. — Das Wachsthum der Epidermis und der Epithelien besteht also nur in Vermehrung der Zellenindividuen, nicht in Massenzunahme jeder einzelnen. Durch die beständige Ablösung der oberflächlichsten Zellen wird die Zunahme der Gesammtmasse unter normalen Verhältnissen [1]) immer wieder ausgeglichen. — Wenn an allen Stellen der Haut die Neubildung der Epidermiszellen gleich stark wäre, und das Verhältniss der Abschuppung mit der Erzeugung

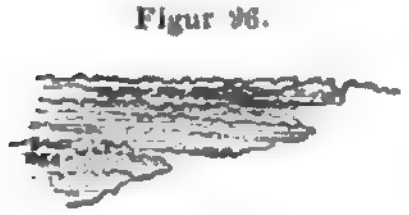
1) Wenn sich die Epidermis nicht abstösst, sondern sitzen bleibt, so bilden sich nagel- und hornartige Fortsetzungen, Hauthörner.

Digitized by Google

gleichen Schritt hielte, so müsste auch überall die Epidermis gleich dick sein. Dies ist aber nicht der Fall. Nach Krause [1]) ist die Oberhaut im Gesicht, an den Augenlidern, an Hand- und Fussrücken, am Hodensack gleich der Epidermis der viel dickern Rückenhaut zwischen $^1/_{20}$ und $^1/_{13}$‴, an der Vorderseite des Halses, der Brust, des Bauches, der innern Seite der Arme und Schenkel, am Warzenhofe, der Vorhaut und Eichel zwischen $^1/_{30}$ und $^1/_{20}$‴. Am dicksten ist sie in der Volarfläche der ganzen Hand und der Sohlfläche des Fusses; in der erstern wechselt ihre Dicke von $^1/_4$ bis $^7/_{13}$‴, ist dünner in der Mitte des Handtellers und noch mehr an der Beugeseite der Fingergelenke, dicker am untern Ende der Mittelhand und an den Fingerspitzen. In der Fusssohle fand Krause ihre Dicke meistens zwischen $^1/_6$ und $^4/_5$‴; in der Mitte der Fusssohle ist sie dünner, als in der Mitte des Handtellers, an den Zehen mit Ausnahme der ersten Zehe und des dritten Gliedes der übrigen, dünner als an den Fingern, am dicksten unter der Ferse und am vordern Ende des Mittelfusses, vorzüglich unter den Köpfen der Mittelfussknochen der grossen und kleinen Zehe. — Obwohl ohne Zweifel solche Theile, welche öfters einem Drucke und andern Veranlassungen zu Ausdehnung der Gefässe ausgesetzt sind, auch eine dickere Epidermis zeigen, so ist doch dies keineswegs allein der Fall. Denn wie schon Albin, beobachtete auch Krause (l. c., p. 118), dass bei sehr jungen Fötus die Oberhaut der Hohlhände und Fusssohlen beträchtlich stärker ist, als an allen übrigen Stellen. An dem Fussrücken eines Neugeborenen fand er die Hornschicht $^1/_{17}$‴, an der Ferse $^2/_{17}$‴ dick.

Nägel. 829 c) Nägel bestehen aus Epidermisplättchen, welche so dicht an einander haften, dass sie sich nicht mehr abschuppen. Sie bilden vielmehr vollständige Platten, deren Formen der darunter liegenden cutis, dem Nagelbette entsprechen. Untersucht man einen Flächenschnitt des Nagels, so findet man, dass er aus hinter einander liegenden Schichten besteht,

Figur 96.



Schichten des Nagels.

s. Fig. 94, welche sich von Hinten nach Vorn vordrängen. Von derjenigen Schleimschicht der Epidermis, welche der Wurzel des Nagels entspricht, also am Grunde des Nagelfalzes, geht das Wachsthum des Nagels hauptsächlich vor sich. Wenn man am hintern Ende des Nagels einen Strich mit Höllenstein macht, so hat derselbe ungefähr in drei bis vier Monaten das vordere Ende erreicht. Im Winter schreitet das Wachsthum

1) Krause in Wagner's Handwörterbuch II, 117.

Digitized by Google

langsamer, als im Sommer fort. Nach Berthold [1]) wächst der Nagel des Mittelfingers am Meisten, dann folgen Ring-, Zeige-, Ohrfinger, Daumen und an der rechten Hand mehr, als an der linken. Auch der Dicke nach wächst der Nagel vom Nagelbette aus, jedoch bei Weitem nicht in dem Grade, als von Hinten nach Vorn. — Um sich von der Zusammensetzung des Nagels aus kernhaltigen Zellen zu überzeugen, muss man denselben längere Zeit in Kali oder Natron, oder in eine (sehr vorsichtig bereitete) Verbindung von chlorsaurem Kali mit Schwefelsäure legen. Die Kerne sind mir nicht so deutlich und regelmässig vorgekommen, wie dieselben gewöhnlich abgebildet werden.

Durch das Schneiden wachsen die Nägel rascher. Werden sie nicht geschnitten, so verlängern sie sich beträchtlich und dann biegen sie sich, wahrscheinlich in Folge äussern Druckes, nach der Volarfläche um.

830. d) Haare. Wo ein Haar zum Vorschein kommt, da zeigt die Haut eine Vertiefung, den Haarbalg, in welchem eine kleine Hervorragung, die Haarpapille oder der Haarkeim (Fig. 97 *p*) vorhanden ist, auf dem sich das Haar ablagert. Der Haarbalg, als ein Theil der Haut, ist mit einer Epidermis ausgekleidet. Diese geht auf das Haar selbst über und bildet dessen innere Wurzelscheide (*g*), während der Epidermistheil, welcher dem Balge angehört, *f*, die äussere Wurzelscheide genannt wird. In dem Haare unterscheidet man drei Substanzen, 1) die den grössten Theil desselben ausmachende Rindensubstanz, 2) das um dieselbe liegende Oberhäutchen (Fig. 97 *b*), und endlich 3) die in der Längsaxe liegende Marksubstanz. Die letztere ist nicht in allen Haaren vorhanden, fehlt vielmehr namentlich in den Wollhaaren häufig, sie enthält Zellen, welche meistens eckig sind, einen Durchmesser von 0,007

Haare

Figur 97.

Haar mit Haarbalg aus der Achselhöhle, 180 Mal vergrössert. *a* Rindensubstanz des Haares; *b* Oberhäutchen (cuticula) desselben; *c* Längsfaserschicht des Haarbalgs; *d* Querfaserschicht; *e* structurlose Schicht; *f* äussere, *g* innere Wurzelscheide; *I* Haarschaft; *II* Haarwurzel; *p* Haarpapille.

1) Berthold in Abhandl. der Göttinger gel. Gesellsch. 1850.

Digitized by Google

bis 0,01‴ (Kölliker) haben, durch Behandeln mit Natron erkenntlich werden und im Zusammenhange als dunkler Strang im Innern sich zeigen. Die Markzellen enthalten Hohlräume, welche mit Luft gefüllt sind, durch welche der Mittelcanal das dunkle Ansehen bekommt. — Die Rindensubstanz besteht aus Fasern (Fig. 97), welche sich wieder auf eine modificirte Art von Epidermiszellen zurück führen lassen. — Dieselben sind gewöhnlich durch Pigment gefärbt, zum Theil rührt die Farbe von den Lufträumen her, welche sich auch in der Rindensubstanz finden.

Wachsthum der Haare.

831. Auf der Papille lagert sich beständig neue Haarzellenmasse ab und dadurch werden die vorliegenden Theilchen fortgeschoben. Auf diese Weise wächst das Haar. Das Abschneiden fördert das Wachsthum, während das nicht geschnittene Haar dem Fortrücken der tiefer liegenden Theile einen grössern Widerstand entgegensetzt.

832. Der Stoffwechsel im Haarbalge zeigt sich aber noch in einer andern Weise. In den Bälgen der Wollhaare entstehen neue Haare, indem ein altes ausgestossen wird und ein anderes in demselben Balge sich bildet. Das Haar wird zunächst von seiner Papille abgehoben und verhornt. Indessen haben sich auf dem Grunde des Balges von der äussern Wurzelscheide aus Fortsätze gebildet, welche sich in das neue Haar umgestalten. Dies hat Kölliker[1]) an den Augenwimpern eines einjährigen Kindes beobachtet. Schon lange war durch Heusinger[2]) bekannt, dass nach dem Ausrupfen eines Tasthaares vom Hunde nach 5 Tagen bereits ein mehr als 2 Mm. langes Haar entstanden war, und zwar in demselben Haarbalge.

Donders hat Beobachtungen über das Ausfallen und das neue Entstehen der Cilien angestellt. Wenn sie eine Zeit lang gelebt haben, so sterben sie ab, und neue treten an ihre Stelle.[3])

Linse des Auges.

833. e) Linse. Wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, dass die Linse eine Einstülpung der Haut ist, so dass die Kapsel derselben dem corium und die Linse selbst der Epidermis zu vergleichen ist, so zeigen sich auch an der entwickelten Linse Belege für diese Auffassung. Die Linse selbst besteht aus hohlen Fasern, welche in einer eigenthümlichen Art angeordnet sind, deren Beschreibung[4])

1) Kölliker, Gewebelehre, p. 145. 3. Ausgabe.

2) Heusinger in Meckel's Archiv 1822, p. 558. — Vgl. auch Langer in Denkschr. der Wiener Akad. 1850, I. Gegenbaur in Zeitschr. für wiss. Zool. III, 13. — Steinlin in Zeitschr. für rat. Med. IX.

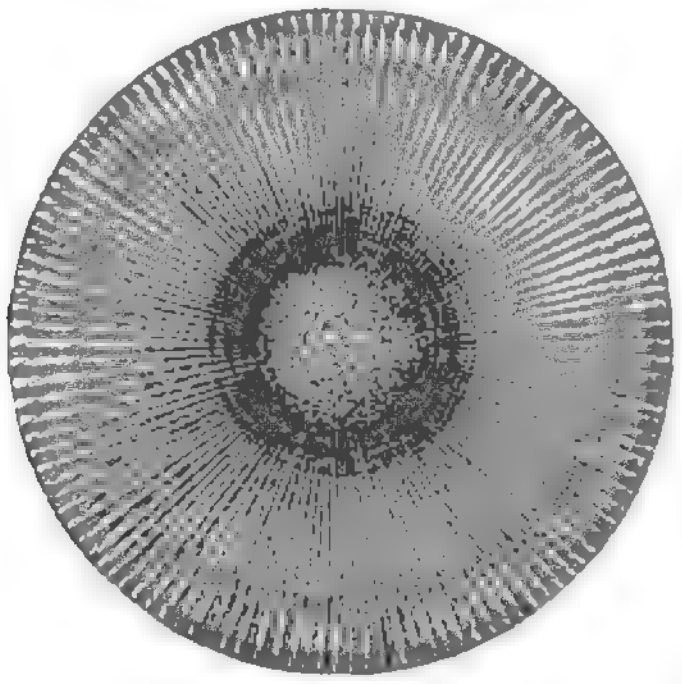
3) Donders in Gräfe's Archiv für Ophthalm. IV, 1, und Moll in Archiv für die holl. Beiträge zur Natur- und Heilkunde 1860.

4) Zur Untersuchung der Linsenfaserung eignet sich besonders Chloroform.

Digitized by Google

nicht hierher gehört. Eine jede Faser besitzt im fötalen Zustande nach H. Meyer einen Kern, woraus dieser Forscher schliesst, dass jede Epithelzelle in eine Linsenfaser auswächst. Nach Kölliker finden sich auch in der Linse Erwachsener noch kernhaltige Fasern, d. h. verlängerte Zellen an der Linsenkapsel anhaftend. — Die ältern Fasern liegen mithin im Centrum der Linse und die dichtesten bilden den Kern. Diese Verdichtung hat für das Sehen eine sehr wichtige Bedeutung, über welche beim Gesichtssinne gehandelt wird. — Den

Figur 98.



Linsenkern vom Frosche.

Kern kann man sehr leicht bei einer Froschlinse beobachten, welche man zwischen zwei Gläsern zusammendrückt und sie unter dem Mikroskope betrachtet.

An der innern Fläche der vordern Hälfte der Linsenkapsel sitzt ein Epithel (Henle), welches nach dem Tode abfällt, zerplatzt und seinen Inhalt (liquor Morgagni) zwischen Kapsel und Linse ergiesst.

Die Linsenkapsel ist nach der Geburt gefässlos, sie erhält die wenigen Substanzen, welche sie zur Unterhaltung bedarf, aus den umgebenden Flüssigkeiten, welche sie leicht durchdringen können.

Wie das Epithel bei Neugeborenen ebenso gross ist, als bei Erwachsenen, so ist es auch nach Harting mit den Linsenfasern, deren Zahl sich vermehrt, ohne dass sie an Umfang zunehmen.

834. f) Zähne. Die pulpa oder papilla dentis (s. p. 47) entsteht in Zähne.
der embryonalen Periode am Grunde des Zahnsäckchens, während von der Kuppel desselben aus das Schmelzorgan sich bildet. Die ganze Oberfläche der pulpa ist mit epithelartigen Zellen bedeckt. Nach den Untersuchungen von Lent entstehen aus diesen Zellen die Elemente, welche man auf feinen Zahnschliffen den grössten Theil des Zahns einnehmen sieht, nämlich die sehr feinen ($^1/_{1000}$ bis $^1/_{1600}$‴), vielfach

Digitized by Google

mit einander anastomosirenden Zahncanälchen. Die Zellen ziehen sich nämlich in die Länge, spalten sich und bilden Netze, wie das auch bei andern Zellenformationen vorkommt. Um diese feinen Röhrchen lagert sich die der Knochenerde gleiche Substanz (phosphorsaurer und kohlensaurer Kalk, phosphorsaure Magnesia, Fluorcalcium) ab, so dass auf 28% Zahnknorpel 62% anorganische Substanz kommt. — Beim neugeborenen Kinde ist der Zahn noch eine sehr dünne Platte, welche wie eine Kappe auf der pulpa aufliegt und durch einen leichten Zug mit der Pincette abgehoben werden kann. Die pulpa ist verhältnissmässig gross, die Bildung der Elfenbeinzellen geht lebhaft vor sich, der Zahn wird dicker und legt sich immer fester an die pulpa an, welche sich in demselben Masse verkleinert. — Indem die Schrumpfung derselben zunimmt, wird auch weniger Zahnsubstanz gebildet, daher der Stoffwechsel gering ist. Der Zahn verliert durch Abreiben immer so viel, dass er nicht über seine ihm angewiesenen Grenzen hinauswächst. Bei Nagethieren kommt es zuweilen vor, auch bei Schweinen und Pferden, dass die Zähne einen vollständigen Bogen bilden, ja dass sie wieder in die Mundhöhle hinein und zum zweiten Male heraustreten. Diese Missbildung entsteht dadurch, dass durch irgend eine Lageveränderung in den Kieferknochen das gegenseitige Aneinanderreiben der Zähne nicht mehr möglich ist. [1])

Durch die vielen Canäle, welche im Zahne vorhanden sind, können Flüssigkeiten die ganze Substanz durchdringen.

Im hohen Alter verschrumpft die pulpa ganz. Die Ernährung des Zahnes ist aufgehoben. Er fällt aus. Die Alveole wird resorbirt.

Das Schmelzorgan ist zwar anfangs fast über die ganze innere Fläche des Zahnsäckchens verbreitet, aber nur an der Krone bilden die aus ihm entstehenden Schmelzfasern eine erhebliche Schicht, gegen die Wurzel hin wird die Schmelzlage ausserordentlich dünn und verliert sich endlich ganz. Der Schmelz besteht zum grössten Theile aus Knochenerde und zu einem sehr geringen aus organischer Substanz, welche nach Hoppe Eigenschaften der Epithelien [2]) zeigt. Die aus 5—6eckigen, nach Kölliker 0,0015—0,0022″ breiten Prismen bestehenden Schmelzfasern zeichnen sich durch ihre grosse Härte aus. Auf ihnen soll ein feines, dicht aufliegendes, schwer durchdringbares Häutchen (Schmelzoberhäutchen nach Nasmyth) liegen,

1) Vgl. hierüber Otto, Path. Anat. Leipz. 1830, I, 191. — Owen, Odontography. Lond. 1840, I, 411. Pl. 104, 7. — Budge in Verh. des naturhistor. Vereins der preuss. Rheinlande u. Westphalens. Bonn 1849, VI, 506, Taf. XIV, Fig. 4—7.

2) Hoppe in Archiv für path. Anat. V, 185.

Digitized by Google

welches jedoch von andern (Tomes, Magitot) für ein Kunstproduct gehalten wird. — Das Schmelzorgan besteht aus einem gefässhaltigen und gefässlosen, schwammigen, in eine Oberhaut mit Cylinderzellen übergehenden Theile. Der letztere scheint die Bildungsstätte des Schmelzes zu sein. Jedoch ist dies noch dunkel; ebenso wie die Wachsthumsverhältnisse nach der Geburt. — Zwischen dem Schmelze und der Zahnsubstanz soll sich nach Berzelius und Retzius noch eine zweite Haut befinden. [1])

II. Absonderungsorgane.

835. Organe, welche dazu bestimmt sind, Stoffe aus dem Blute oder der Tränkungsflüssigkeit in sich aufzunehmen und sie verändert oder unverändert wieder abzugeben, ohne sich selbst durch diese Stoffe zu erhalten, werden zu den Absonderungsorganen gerechnet. Sie verwenden also, insofern sie absondern, das gewonnene Material nicht zu ihren eigenen Zwecken. Alle produciren, aber mit sehr verschiedenem Kraftaufwand. Die einen bringen ihre Producte dadurch hervor, dass sie vom Blute nur einzelne Theile aufnehmen, während sie andern den Durchgang versperren, so z. B. lassen die serösen Häute nur sehr verdünntes Blutwasser durch, die Nieren aus dem Blute wesentlich den Harnstoff. Die andern setzen die Blutbestandtheile um, z. B. die Leber, deren Product, die Galle, im Blute nicht auffindbar ist. Andere geben nicht Flüssigkeiten ab, sondern vollständig organisirte Zellen, welche sich von ihnen lösen, so z. B. die Milz, in welcher sich Lymphkörperchen bilden, die mit dem Blute dann fortgeführt werden. Definition.

836. Die Organe, welche der Absonderung vorstehen, sind verschiedener Art. Man unterscheidet hauptsächlich dreierlei, nämlich 1) die flächenhaft ausgebreiteten Membranen; 2) die Drüsen mit Ausführungsgängen und 3) diejenigen ohne Ausführungsgänge. — Alle diese Organe stimmen bei äusserer Unähnlichkeit doch in einer wesentlichen Beziehung mit einander überein. Überall kommen nämlich Zellen vor, von denen man daher annehmen muss, dass von ihnen das Absonderungsgeschäft hauptsächlich betrieben wird. Eintheilung der Absonderungsorgane.

---

1) Über den feinern Bau der Zähne sind zu vergleichen Retzius in Müller's Archiv 1837. — Tomes, On dental physiol. Lond. 1848, und in Philos. Transact. 1856. — Czermak in Zeitschr. für wiss. Zool. II. — Raschkow, Melet. circa dent. evol. Vratisl. 1835. — Marcusen in Froriep's Tagesber. 1851, No. 282, p. 182. — Huxley in Quarterly Journ. of microsc. sc. III. — Lent in Zeitschr. für wiss. Zool. VI. — Magitot in Arch. gén. 1858. Janv.

Digitized by Google

I) Flächenartig ausgebreitete Absonderungsorgane.

Membranen. 837. Es finden sich mannigfache Übergänge und Anknüpfungen zwischen diesen Organen und den oben beschriebenen Oberhautgebilden, indem unter letzteren solche vorkommen, welche ausserdem, dass sie als schützende Hülle dienen, auch zugleich absondern; sowie wiederum die hier zu betrachtenden Membranen auch zu mechanischen Zwecken, namentlich zur Verhütung von Reibung, verwendet werden. Wie also eine strenge Grenze nicht gezogen werden kann, so kommen wir andererseits sogar mit dem Begriff: Absonderung sehr in die Enge, wenn wir dieselbe unzertrennlich an ein bestimmtes Gebilde gebunden annehmen. Denn schon der rein physikalische Process der Diffusion ist nicht denkbar ohne Absonderung, aber zu dieser sind alle organischen Theile befähigt. Der Eiter ist zwar pathologisch entstanden, aber immer doch eine Absonderung. Zu seiner Entstehung sind keine besondern Organe nothwendig. Und doch hegen wir bei der Annahme, dass die Zellen der absondernden Flächen an der Secretion betheiligt sind, einen Hintergedanken, dass nämlich hier nicht ein rein physikalischer Hergang bestehe, oder wenigstens nicht blos ein Druckverhältniss, sondern dass die Zelle als solche mit anziehenden und abstossenden Kräften versehen sei, welche ihr eigenthümlich zukommen. Jedoch müssen wir eingestehen, dass eine solche Meinung, so entsprechend sie auch erscheint, doch bis jetzt nur mit grosser Vorsicht und selbst mit Misstrauen aufzunehmen ist, um nicht in ein hypothetisches System zurückzuversinken, das der Medicin und Physiologie viel Schaden gebracht hat.

Seröse Häute. 838. Zu den Flächen, welche während des Lebens eine Flüssigkeit absondern, und mit einem Epithel auf ihrer Oberfläche versehen sind, gehören vor allen die serösen Häute. Bei der äussern Haut scheint die Epidermis wenig betheiligt an dem Absonderungsprocesse selbst, welcher theils von besondern Drüsen (Schweiss- und Talgdrüsen), theils von einem Nachdrängen der Flüssigkeit in Folge der Verdunstung herrührt. Jedoch lässt sich mit Bestimmtheit ein solcher Antheil nicht von der Hand weisen. So verhält es sich auch mit den Schleimhäuten. In den meisten Schleimhäuten sind Drüsen vorhanden, denen man die Absonderung zutheilt. Hingegen gibt es auch einige, bei welchen man keine Drüsen zu entdecken vermochte und welche doch eine schleimige Absonderung haben, so z. B. die der Ureteren. Hier scheinen die Zellen der Oberhaut nicht nur zur Decke, sondern auch zur Absonderung zu dienen.

839. Bei der Betrachtung der serösen Häute muss man mit den Theilen den Anfang machen, an welchen das Dasein einer Haut nicht ganz sicher gestellt ist, und vielleicht blos eine Zellenlage vorhanden

Digitized by Google

ist. So ist es in den Ventrikeln des Gehirns, die nicht mit Fortsetzungen der pia mater in Verbindung stehen; nämlich am Boden des vierten Ventrikels, dem aquaeductus Sylvii, dem Boden und den Seitenwänden des dritten Ventrikels, dem ventriculus septi pellucidi, der Decke der Seitenventrikel, dem vordern, hintern und theilweise dem absteigenden Horn, dem Canale im Rückenmarke, bei Embryonen in der Höhlung des Riechkolbens. Nach Kölliker [1]) sitzt das Epithel an vielen Orten auf der Nervensubstanz selbst auf, während Virchow eine bindegewebige Unterlage für constant hält. — Es schliessen sich daran die structurlosen oder sog. Glashäute, wie z. B. die membrana Demoursii. Sie ist bekanntlich mit einem Epithel bedeckt, welches sich auf die Iris fortsetzt. Ob die vordere Irisfläche noch mit einer eigenen Membran, der sog. membrana Zinnii oder m. iridis anterior bedeckt sei, darüber sind die Meinungen verschieden. Luschka [2]) glaubt, dass das Epithel bis zum Pupillarrand reiche, die Faserschicht $^2/_3$''' entfernt von demselben aufhöre. Eine höhere Entwickelung zeigt sich dadurch, dass die Membran aus Bindegewebe und elastischen Fasern [3]) gebildet ist. So ist es bei den serösen Häuten, wozu gehören: arachnoidea, pleura, pericardium, peritoneum, die Schleimbeutel, Sehnenscheiden, Synovialkapseln. [4]) Sie erhalten ausserdem noch Nerven und Gefässe. Während also das Stroma in den verschiedenen serösen Häuten wechselt, sind die Epithelien meistens constant. An den Schleimbeuteln, Sehnenscheiden und Synovialkapseln fehlen sie indessen an manchen Stellen. Man kann wohl annehmen, dass sie mit der Absonderung in einer wesentlichen Beziehung stehen.

840. Das in den serösen Häuten abgesonderte Product, welches man gewöhnlich mit dem Namen: Transsudat belegt, ist nicht überall gleich. Fast niemals fehlt das Eiweiss ganz, jedoch ist es z. B. in der wässerigen Flüssigkeit des Auges, in der Cerebrospinalflüssigkeit in so geringer Menge, dass es nur in Spuren vorkommt, Transsudate.

1) Kölliker, Gewebelehre, p. 321.

2) Luschka, Structur der serösen Häute. Tübingen 1851, p. 40.

3) Luschka, l. c., p. 15, nimmt noch eigenthümliche seröse Fasern an, charakterisirt durch ein klares, wasserhelles Ansehen, durch scharfe, ebene, nicht sehr dunkle Contouren, durch einen ganz gestreckten, nur selten geschwungenen Verlauf. — Ich kenne diese Fasern sehr wohl, jedoch bin ich darüber im Ungewissen, ob sie den serösen Häuten als solchen zukommen, da sie auch in dem Unterhautzellgewebe erscheinen. Auch gehören dieselben nach Henle zum elastischen Gewebe, vgl. Jahresber. 1851, p. 34.

4) Todd und Bowman nehmen an, dass ausser der eigentlichen serösen Haut noch eine structurlose dicht hinter der Epithelschicht liege, was von andern Forschern ganz in Abrede gestellt wird.

Digitized by Google

ja oft fehlt es ganz. — Bernard [1]) und Bussy fanden Zucker in der Cerebrospinalflüssigkeit, hingegen soll derselbe nach Turner zwar das Kupferoxyd reduciren, aber durch Hefe nicht in Gährung versetzt werden. [2]) — Ausserdem finden sich Extractivstoffe und verhältnissmässig viele Salze; z. B. erhielt Schmidt [3]) aus der Cerebrospinalflüssigkeit eines gesunden Hundes, dessen Blutserum 0,889% enthielt, sogar 0,94%, bei einem Kinde 0,89%, bei einer Frau 0,948%.

Umsatz in den serösen Häuten.

841. Die Lebensverhältnisse der Zellen seröser Häute sind noch nicht vollends bekannt. Sie scheinen sich nur wenig abzuschuppen, denn man findet in der ergossenen Flüssigkeit ausserordentlich wenige davon (Luschka, l. c., p. 13). Freilich könnte man daran denken, dass sie in der Flüssigkeit aufgelöst werden, da dieselbe alkalisch reagirt. Die Absonderung der Synovialhäute ist trübe, schleimig, zieht sich in Fäden, und enthält nach Frerichs [4]) stets abgestossene Epithelialzellen. Dieser Beobachter hält den Schleim durch die Auflösung der Epithelien in der alkalischen Flüssigkeit bedingt. In den andern nicht schleimigen Transsudaten ist dies nicht wahrscheinlich. Luschka (p. 13) glaubt, dass die Epithelialplättchen durch fettige Entartung zu Grunde gehen. Er beobachtete nämlich allmählige Übergänge in der Fettbildung von nur einzelnen sehr kleinen Fettmolekülen an bis dahin, wo grössere Fetttropfen nur durch eine geringe Menge von Epithelialsubstanz zusammenhingen. — Dieser Gegenstand erheischt noch weitere Untersuchungen.

2) Drüsen mit Ausführungsgängen.

Verschiedene Arten von Drüsen.

842. So verschieden auch die Form der Drüsen, [5]) die Menge und Verbreitungsart von Gefässen und Nerven in denselben sind, darin kommen sie alle mit einander überein, dass Zellen niemals in ihnen fehlen. Die einfachsten Drüsen, welche man bei wirbellosen Thieren findet, sind nichts als einfache gestielte Zellen; der Stiel ist der Ausführungsgang, der das Product der Zelle in einen Behälter führt; s. Fig. 99. Bei den meisten Drüsen liegen viele Zellen neben einander, sei es in Traubenform (glandulae racemosae), Fig. 100, wo die so entstandenen Gebilde mehr oder weniger verzweigt sind, oder sei es in Röhrenform (gl. tubulosae) Fig. 101. Die Unterlage

1) Bernard, leçons de phys. Par. 1855, I, 306.

2) Vgl. Lehmann, Zoochemie, p. 241.

3) Schmidt, Char. der epid. Cholera. Leipzig und Mitau 1850.

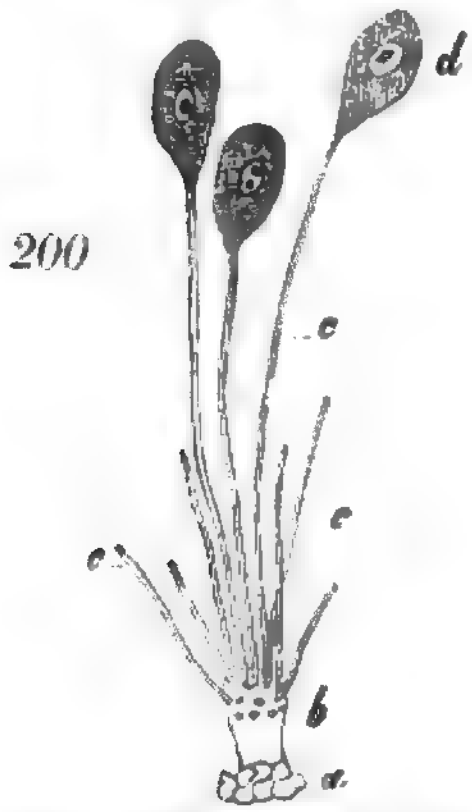
4) Frerichs in Wagner's Handwörterbuch III.

5) Über die Formen der Drüsen vgl. I. Müller, De glandular. secernent. struct. penit. Lips. 1830. — Meckel in Müller's Archiv 1846, p. 1.

Digitized by Google

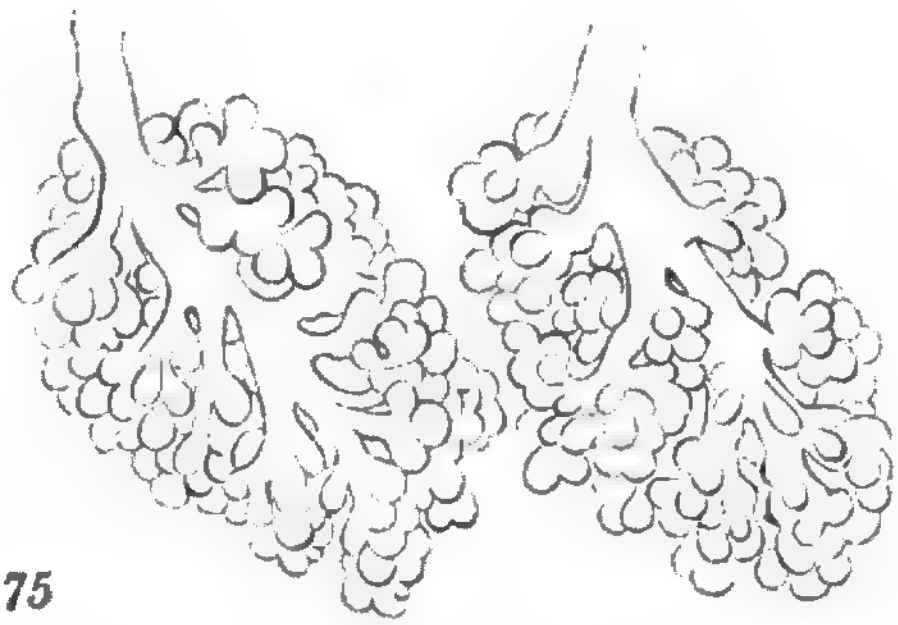
dieser Drüsenzellen ist gewöhnlich eine besondere meistens structurlose Membran. — Häufig nennt man die Drüsenzellen, welche auf der membrana propria sitzen, das Drüsenepithel.

Figur 99.



Vordere Speicheldrüse der Formica rufa, 200 Mal vergrössert.
a Epithel des Mundes; *b* der allgemeine Ausführungsgang an seinem Ende siebartig durchlöchert von *c*; *c* Ausführungsröhrchen; *d* Drüsenzellen. Nach Meckel. Müll. Arch. 1846.

Figur 100.



Brunnersche Drüsen von der Hinterfläche eines menschlichen Zwölffingerdarms genommen. 75 Mal vergrössert.

Figur 101.

Aus einer embryonalen Niere vom Kaninchen. 155 Mal vergrössert.

Drüsensecret.

843. Das Secret der Drüsen ist sehr verschieden. Die Thränen stehen den serösen Ausschwitzungen sehr nahe; der Schleim (vgl. p. 154) hat schon einen eigenthümlichen Stoff, vom Urin ist ein Theil seiner Bestandtheile sicher im Blute vorgebildet, besonders der Harnstoff, und die Nierencanälchen vermögen diese Substanzen in sich aufzunehmen, während sie dem Eiweiss unter normalen Verhältnissen den Zutritt verweigern. Der Speichel, die Galle enthalten Substanzen, welche wie es scheint, erst in ihnen entstehen und nicht schon im Blute vorgebildet sind.

Lebenseigenschaften der Drüsenzellen.

844. Diese Verschiedenheiten hängen höchst wahrscheinlich mit dem Bau, den Lebenseigenschaften und Kräften zusammen, welche den verschiedenen Drüsenzellen eigen-

Digitized by Google

thümlich sind, worüber wir aber nur sehr spärliche Kenntnisse besitzen. Was die Entstehung der Drüsenzellen anlangt, so scheint allerdings bei einigen, z. B. denen der Leber, die Fortpflanzung durch Theilung zu erfolgen. Wenigstens findet man die Zahl der Kerne in den Leberzellen bei jungen Thieren und Kindern beträchtlich grösser, als bei Erwachsenen, woraus auf Theilungsprocesse zu schliessen sein möchte. — Indessen kommen solche Andeutungen bei andern Drüsen nicht vor; und man kann ebenso gut annehmen, dass die Zellen selbständig sich bilden, ohne mehr oder weniger Stütze für diese, als für die andere Hypothese zu haben. Auf welche Weise die Drüsenzellen zu Grunde gehen, ist ebenso wenig mit Sicherheit anzugeben. Man könnte an drei verschiedene Arten des Zerfalls denken. Sie können, wie die Oberhaut, sich abstossen und in den Secreten entleert werden. Dies ist in einigen Drüsen allerdings der Fall; so entleeren sich bei der Milchsecretion die Drüsenzellen der Brüste (s. u. Fett); dasselbe ist bei den Talgdrüsen der Fall; in der Schwangerschaft stösst sich das ganze Drüsenconvolut der glandulae utricales ab (s. p. 30). In dem Secrete des Parotidenspeichels zeigen sich gleichfalls mitunter Drüsenelemente. — In vielen Schleimdrüsen fallen die Zellen ausserordentlich leicht ab, wie man bei der Präparation sieht. So lösen sich die Zellen der Nierencanälchen ungemein leicht von der Wand. Hingegen nicht überall ist dieses der Fall, so z. B. finden sich in der Galle keine Leberzellen, der Speichel der glandula submaxillaris ist vollkommen klar u. s. w. Eine zweite Art des Untergangs der Drüsenzellen könnte darin bestehen, dass sie abfallen und sich auflösen, um entweder mit den Ausleerungen entfernt oder wieder ins Blut zurückgeführt zu werden. Hinsichtlich des Schleimes und der synovia war schon oben (p. 154 u. 524) davon die Rede. Indess bedarf diese Annahme noch eines schärfern Beweises. — Eine dritte Vermuthung ist die, dass die Zellen in Fett umgewandelt werden. Auch hierfür sprechen einige Thatsachen und doch fehlt noch der volle Beweis. Fast in allen Drüsen kommt es aber allerdings vor, dass einzelne Zellen bald mehr, bald weniger Fettkörnchen einschliessen.

3) Drüsen ohne Ausführungsgänge (conglobirte Drüsen).

Drüsen ohne Ausführungsgänge.

845. Hierzu gehören die Eierstöcke, die Milz, die Schilddrüse, die glandula thymus, die Nebennieren, glandulae solitariae und Peyersche Drüsen des Darmes, Lymphdrüsen, Zungenbalgdrüsen, Tonsillen, Trachomdrüsen, nach Ecker ein Theil der glandula pituitaria. Mit Ausnahme des Eierstocks, der Schilddrüse und Nebennieren hat man die übrigen unter dem Namen der Blutgefässdrüsen oder con-

Digitized by Google

globirte Drüsen (Henle)[1]) zusammengefasst. Sie haben auch in der That eine grosse Ähnlichkeit unter einander. — Wir werden uns mit ihnen allein hier beschäftigen, da über den Eierstock schon oben (p. 20) das Nöthige erwähnt ist.

Bestandtheile der conglobirten Drüsen.

846. Alle conglobirten Drüsen zeigen drei wesentliche Bestandtheile, 1) ein Netz von Fasern, welches in Form eines ausgebreiteten Maschenwerks sich durch die ganze Drüse verbreitet. In diesen Fasern finden sich kernhaltige Zellen. Innerhalb der Maschen sind 2) Körperchen enthalten, welche die grösste Ähnlichkeit mit Lymphkörperchen haben; 3) Blutgefässe, welche gewöhnlich mit dem Fasergerüste und dessen Zellen in sehr inniger Verbindung stehen. — Neben diesen allgemeinen Bestandtheilen trifft man noch eigenthümliche Gewebsanordnungen in den einzelnen Drüsen, welche eine besondere Beachtung verdienen. Über die Function dieser Drüsen hatte man früherhin sehr verschiedene, zum Theil abenteuerliche Ansichten. Obgleich man auch noch heut zu Tage sehr wenig darüber im Klaren ist, so scheint sich doch so viel herauszustellen, dass sie in einer gewissen Beziehung zu den Lymphkörperchen und dadurch auch zur Blutbildung stehen, wie aus der Betrachtung der wichtigsten hervorgeht.

Figur 102.

Lymphkörperchen.

a) Milz. [2])

Wird die durchgeschnittene Milz in Wasser geknetet und so lange ausgewaschen, bis ihr weicher Inhalt, pulpa lienis genannt, ganz entfernt ist, so erhält man ein zierliches Netz zahlreicher, unter einander communicirender, stellenweise knotig angeschwollener Balken

---

1) Henle in Zeitschr. für rat. Med. 1859, VIII, 201.

2) Über den Bau der Milz sind zu vergleichen: Malpighi, Op. I, 101. — Heusinger, Über Bau und Verrichtung der Milz. — I. Müller in dessen Archiv 1834. 1. — Giesker, Anat. phys. Unters. über die Milz. Zürich 1835. — Henle, Allg. Anat., p. 999. — Spring, Sur les corp. de la rate. Liège. 1842. — Hessling, Über d. Körper d. menschl. Milz. Regensb. 1842. — Kölliker in Zeitschr. für wissensch. Zool. I, 261; II, 115; Würzburger Verhandl. IV, 58 und VII, 174. — Ecker in Wagner's Handw. IV. — Gerlach in Zeitschr. für rat. Med. 1849, VII, 75. — Schaffner, ebend., p. 345. — Landis, Verr. der Milz. Zür. 1847. — Sanders, On the struct. of the spleen in Goodsir annals of anat. 1850. — Beck, Studien im Gebiete der Anat. 1852. — Hlasek, De struct. lienis. Dorp. 1852. — Gray, Struct. and use of the spleen. Lond. 1854. — Führer in Archiv für phys. Heilkunde 1854. 1856. — Billroth in Müller's Achiv 1857, p. 88, und Virchow's Archiv 1861.

Digitized by Google

und Fasern, welche grösstentheils mit der Innenfläche der fibrösen Hülle der Milz zusammenhängen. — Die Faserhülle und die Balken sind gleich gebaut, sie bestehen aus Bindegewebe und elastischem Gewebe. Bei verschiedenen Thieren fand Kölliker auch cylindrische Muskelfasern in ihnen, namentlich bei dem Schweine, der Katze.

Blutreichthum der Milz.

847. Reichlich fliesst Blut zur Milz. Die a. lienalis ist nach Krause $2^3/_4$—$3'''$ dick und das Organ etwa 260 Grm. schwer. (Das ungefähr 6 Mal so schwere Gehirn erhält sein Blut aus den beiden a. carotides internae, von denen jede $2^3/_4'''$, und aus den beiden a. vertebrales, von denen jede $2'''$ dick ist. Diesem würde eine einzige Arterie von ungefähr $4{,}8'''$ Durchmesser entsprechen.) Die Verzweigungen der Arterie sind mit Gefässscheiden umgeben, welche innig mit den Balkenfasern verwachsen sind. Die feinsten Arterien scheinen endlich ihre Wände ganz zu verlieren, so dass mithin in den Räumen, welche zwischen diesen Balken frei bleiben, die darin vorkommenden Bestandtheile mit dem Blute in directer Communication sind und mit demselben sich mischen können. Nach Hlasek füllen cavernöse Venenräume die Milzbalken aus und enthalten die gesammte Milzpulpa in sich; und die Capillargefässe münden in diese Räume ein.

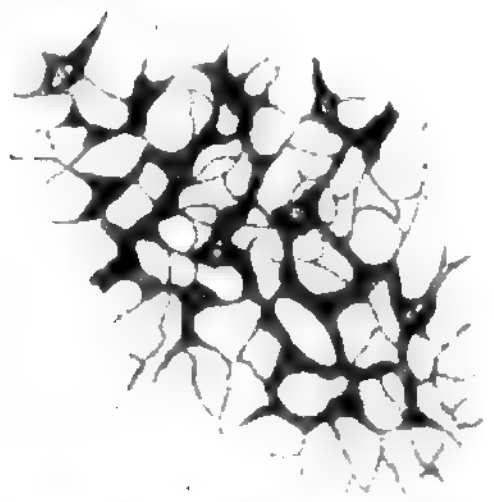
Malpighische Körperchen.

848. An den Arterienstämmchen sitzen ungefähr $^1/_6'''$ grosse, helle, gallertartig aussehende Bläschen, corpora Malpighiana, in deren Innerm (Eberhard) und an deren Wandung (Kölliker) Capillargefässe verlaufen. Sie enthalten neben einer zähen Flüssigkeit $^1/_{500}'''$ bis $^1/_{100}'''$ grosse, kernhaltige Zellen, aus denen die Kerne häufig austreten und frei sich vorfinden. Diese Zellen sind den Lymphkörperchen vollständig ähnlich, weshalb auch manche Beobachter die Körperchen den Lymphdrüsen analog halten. Indess ist ihr Zusammenhang mit Lymphgefässen noch nicht von allen Forschern anerkannt.

Milzpulpa.

849. Zwischen den Balken liegt die Milzpulpa, welche in einem cavernösen Maschennetz, in dem viele sternförmige Zellen, s. Fig. 103, vorhanden sind, verschiedene Körperchen enthält. Dieses Netz ist reich an Blutgefässen und glatte Muskelfasern können deutlich erkannt werden. Zur Untersuchung derselben ist von Führer liqu. ferri sesquichlorati empfohlen worden. Um die Fasern und Zellen isolirt zu prüfen, lege man die Milz in Säuren (ich wähle verdünnte Schwefelsäure mit chlorsaurem Kali) und lasse sie $^1/_2$ bis 1 Tag darin liegen; dann erkennt

Figur 103.



Cavernöses Netz der Froschmilz nach Billroth (Müller's Arch. 1857).

Digitized by Google

man leicht die Muskelfasern z. B. an der Kalbsmilz, die kleinern lymphkörperähnlichen Zellen, wie in den Malpighischen Körperchen, und andere, welche noch einmal und mehr so gross als jene und meist einkernig, seltener zweikernig sind. Ausserdem werden von Kölliker noch folgende Zellenbildungen in der Milz angegeben: a) blasse, runde, homogen aussehende Körper, etwas grösser als Blutkörperchen, die sich als Kerne mit dichter Hülle umgeben darstellen. b) Zellen mit Kernen, $^1/_{200}'''$—$^1/_{66}'''$ gross, welche 1—20 Blutkörperchen einschliessen. Diese verwandeln sich, indem die Blutkörperchen in Pigmentkörner übergehen, zuerst in pigmentirte Körnchenzellen und endlich in vollkommen farblose Zellen. c) Kleine kernhaltige gelbliche, von Zellen oft kaum mehr unterscheidbare Blutzellen, welche K. für sich entwickelnde Blutzellen hält. d) Vielkernige Zellen von $^1/_{100}$—$^1/_{200}{}^{mm}$, welche auch im Milzvenenblute vorkommen sollen. e) Biskuitförmige zweikernige Zellen, welche sich auch im Milz- und Lebervenenblute finden sollen, und die man als in der Theilung begriffen ansieht.

Function der Milz.

850. Von der Function der Milz ist nur Weniges mit Sicherheit ermittelt. Thiere können fortleben, ohne dass man eine constante Veränderung an ihnen bemerkt, nachdem ihnen die Milz exstirpirt wurde, eine Operation, deren schon bei Plinius Erwähnung geschieht und die bis auf die neueste Zeit wiederholt worden ist.[1]) Dies beweist nichts anders, als dass die Milz Functionen hat, welche auch noch andere Organe mit ihr theilen, die sie mithin vertreten können. — Eine dieser Functionen scheint mit grosser Wahrscheinlichkeit die Bereitung von Lymphkörperchen zu sein. Dafür spricht die grosse Menge derselben, welche in der Milz vorkommen, sowohl in den Malpighischen Körperchen, als in der pulpa; ferner, dass im Milzvenenblute sich dieselben so reichlich finden, s. p. 233; dass sie bei Milztumoren oft so zahlreich sind, dass die Farbe des Blutes alterirt wird. Leukaemie. — Aus denselben Gründen kann man auch in den Lymphdrüsen und andern ähnlichen Organen eine Entstehung von Lymphkörperchen annehmen. Dadurch wird es ersichtlich, dass Exstirpation der Milz ebenso ohne Störung der Gesundheit vorübergehen kann, wie Exstirpation der Mundspeicheldrüsen, s. p. 152. Es lässt sich daher auch erklären, weshalb einige Forscher nach der

1) Vgl. Mayer in med.-chir. Zeitschr. 1815, 3. — Tiedemann und Gmelin, Über die Verricht. der Milz. Heidelb. 1820. — Bardeleben, De gl. ductu excret. car. str. Ber. 1841, und die unten citirten Schriften von Stinstra, Vulpian, Führer; ferner Adelmann in deutscher Klinik 1856, p. 17. — Simon, Exstirp. der Milz. Giessen 1857.

Digitized by Google

genannten Operation an den Lymphdrüsen (Mayer)[1]) oder der Schilddrüse (Tiedemann)[2]) Anschwellungen fanden, andere (Bardeleben)[3]) diese vermissten.

Blutkörperchen-haltige Zellen.

851. Die Anwesenheit von Zellen, welche Blutkörperchen enthalten und nachher in pigmenthaltige übergehen, hat zwei sich entgegenstehende Ansichten veranlasst, indem einige Forscher (Gerlach, Schaffner) denselben die Bedeutung zuschrieben, als seien sie Brutstätten neuer Blutkörperchen, andere (Kölliker, Ecker), es gingen hier Blutkörperchen zu Grunde. Die letztere Meinung ist dadurch entstanden, dass man in alten Blutheerden, welche sich nach Apoplexien im Gehirn finden, ganz ähnliche Zellen antraf (Hasse und Kölliker). Sanderson, Funke, Stinstra und neuerdings auch Kölliker sehen die blutkörperchenhaltigen Zellen als pathologische Producte an. Ich muss nach meinen eigenen Erfahrungen diesen Forschern vollständig hierin beistimmen und zwar deshalb, weil, wie auch K. bemerkt, sowohl diese Zellen, als auch, die in Pigmentkörner bereits zerfallenen Körnchenzellen in andern Organen, als der Milz und selbst nach Stinstra und Schönfeld in künstlichen Extravasaten vorkommen. Extravasirtes Blut scheint unter bestimmten, noch nicht vollständig bekannten Bedingungen sich in der Weise zu verändern, dass die Blutkörperchen aneinanderkleben und von einer Zelle umschlossen werden, ohne dass noch die Art des Hergangs entdeckt ist. Solche Blutextravasate mögen in der Milz sehr leicht zu Stande kommen, da man dieselben in der That mitunter bei scheinbar ganz gesunden Thieren in auffallender Menge wahrnimmt. Vielleicht rührt dies von der Dünnwandigkeit der feinen Gefässe, vielleicht auch von einem Bersten der Malpighischen Körperchen her.[4])

Die Lymphkörperchen der Milz.

852. In welcher Weise die Lymphkörperchen in der Milz entstehen, ist bis jetzt noch unausgemacht, ob nämlich durch Theilung anderer Zellen des Gewebes oder durch neue Bildung. Es ist wahrscheinlich, dass die Lymphkörperchen, welche sich zuweilen in

---

1) Mayer in med.-chir. Zeitung 1815, 3. Lief., p. 189 Diese Mayer'sche Beobachtung wurde neuerdings von Vulpian in Revue méd. franç. 1855. Sept. und Führer und Ludwig in Archiv für phys. Heilkunde 1855 bestätigt.

2) Tiedemann und Gmelin, Über die Wege, auf welchen Substanzen aus dem Magen ins Blut gelangen. Heidelb. 1820, p. 105.

3) Bardeleben, De gl. ductu excret. carent. struct. Berol. 1841.

4) Über die blutkörperchenhaltenden Zellen ist ausser den oben angeführten Schriften über Milzstructur noch zu vergleichen: Remak in Müller's Archiv 1852, p. 115. — Schönfeld, De funct. lienis. Gron. 1855. — Stinstra, De funct. lien. Gron. 1855 (gekrönte Preisschrift).

Digitized by Google

grösserer Menge im Lebervenen- und Pfortaderblute vorfinden, aus dem Milzblute stammen.

Entstehung von Blutkörperchen in der Milz.

853. Von verschiedenen Beobachtern, z. B. Funke, Billroth, Kölliker ist angegeben worden, dass in der Milz Elemente sich zeigen, welche als entstehende Blutkörperchen zu deuten seien. Namentlich glaubt Funke Übergänge zwischen Lymph- und Blutkörperchen nachgewiesen zu haben, Kölliker hingegen sieht jene oben unter c angeführten kernhaltigen, kleinen, gelblichen Zellen als die jungen Blutkörperchen an.[1]) — Wenn sich diese Beobachtungen bestätigen, so würde die Milz als ein Bereitungsorgan der Blutkügelchen gelten können.

Volumszunahme der Milz nach der Mahlzeit.

854. Dobson[2]) gibt an, dass zur Zeit, wo die Chymusbildung zu Ende sei, die Milz anschwelle und 5 Stunden nach der Mahlzeit das grösste Volum erreicht habe, während sie nach 12 Stunden klein sei und wenig Blut enthalte. — Auch bestätigte er Magendie's Beobachtung, dass durch Injection von Flüssigkeit in die Venen die Milz anschwelle.

Contractilität der Milz.

855. Zusammenziehungen der Milz nach galvanischen Reizungen sahen Wagner, Kölliker, Ecker, Harless, Picard, Jaschkowitz.[3])

Obwohl ich selbst keine positiven Resultate sah, so bezweifle ich doch die Contractilität nicht, da an dem Vorhandensein von Muskelfasern in der Milz nicht zu zweifeln ist.

b) Lymphdrüsen.

Bau der Lymphdrüsen.

856. Obwohl die Untersuchungen über den Bau der Lymphdrüsen[4]) noch nicht abgeschlossen sind, so lassen sich doch einige wichtige Resultate als feststehend betrachten. Von der fibrösen Hülle, welche die Drüse umkleidet, gehen vielfache Fortsätze nach Innen, welche ähnlich den Milzbalken ein Gerüste bilden. In dieser Hülle finden sich, wie schon Malpighi ausgesprochen, Heyfelder, Brücke

---

1) Hewson glaubt, dass der Milzsaft in Verbindung mit der Lymphe die Blutkörperchen ausbilde.

2) Dobson in Lond. med. and phys. Journ. 1820. Froriep's Not. No. 615. — Diese Beobachtung bestätigt Schönfeld, l. c.

3) Man vgl. R. Wagner in Nachr. der Gött. Gesellsch. der Wissenschaften 1846, No. 8. — Picard, De la présence de l'urée dans le sang. Strasb. 1856. — Jaschkowitz in Virchow's Archiv 1857.

4) Vgl. Malpighi, Exist. de gland. conglobatis. — Heyfelder jun., Über den Bau der Lymphdrüsen. Erl. 1851. — Brücke in Denkschr. der Wiener Akad. 1853, VI. — Donders in Nederl. Lancet 1852. — Noll in Zeitschr. für rat. Med. IX, 52. — Kölliker in Würzb. Verhandl. IV. — His in Zeitschr. für wissensch. Zool. XI, 70. — H. Frey, Unters. über die Lymphdrüsen des Menschen. Leipzig 1861.

Digitized by Google

und His ausser Zweifel gesetzt haben, glatte Muskelfasern, welche zur oben angeführten Entleerung des Chylus nach dem Tode sicher beitragen. — In der Drüse unterscheidet man die hellere Cortikal- und die durch reichlichern Blutzufluss dunklere Marksubstanz. Jene erscheint schon an der Oberfläche höckerig, wodurch man einzelne Abtheilungen oder Läppchen unterscheiden kann. Diese werden dadurch gebildet, dass Bindegewebe diese Räume vollkommen einschliesst. In der Marksubstanz sind diese Abtheilungen nicht mehr scharf begrenzt und daher keine Läppchen unterscheidbar. Innerhalb der Läppchen laufen nicht nur Gefässe, sondern es verbreitet sich auch noch Bindegewebe in denselben; der grösste Theil derselben besteht aber aus Kernen und kernhaltigen Zellen, welche mit den Lymphkörperchen vollkommen übereinstimmen. — Es ist höchst wahrscheinlich, dass die Lymphgefässe in diese Läppchen münden und diese sich ähnlich verhalten, wie die durch die Milzbalken gebildeten Räume zu den Gefässen, dass also Lymphsinus gebildet sind, in welche die Lymphgefässe sich auflösen und in denen der Inhalt der Lymphe und die Drüsenzellen in unmittelbare Verbindung kommen. Gegen das andere Ende der Drüse hin concentriren sich die ausgedehnten Räume wieder zu Gefässen, welche gewöhnlich in ein vas efferens vereinigt die Drüse verlassen.

Function der Lymphdrüsen.

857. Hiernach hat man die Lymphdrüsen wie die Milz höchst wahrscheinlich als Organe zu betrachten, in denen Lymphkörperchen bereitet und dem Lymphgefässinhalte, sodann dem Blute zugeführt werden.

Peyersche und solitäre Drüsen.

858. Die im Unterschleimhautgewebe des Darmes vorkommenden einzeln stehenden glandulae solitariae, und die besonders am Ende der Dünndarmschleimhaut in Haufen vereinigten glandulae Peyerianae (Plaques) stimmen in ihrem Bau so sehr mit Lymphdrüsen überein, dass man sie nach Brücke jetzt für solche ansieht. — Ein stroma schliesst die einzelnen Drüsenalveolen ein, welche dieselben Kerne und Zellen, wie die Lymphdrüsenläppchen enthalten. Um sie herum liegt oft ein Netz von Chylusgefässen, und in denselben finden sich Capillargefässe. Während der Verdauung fand Br. in den Peyerschen Drüsen chylus, und als er eine gefärbte Masse in dieselben spritzte, drang dies in die Chylusgefässe, sowie mit Alkanna gefärbtes Terpenthinöl, welches in den Darm gebracht und einem Drucke ausgesetzt war, aus der Umgebung der Peyerschen Drüsen in die Lymphgefässe übergegangen war.

Digitized by Google

c. Thymus.

859. Diese Drüse hat eine grosse Aehnlichkeit mit traubenförmigen Drüsen, denen man sie anreihen müsste, wenn sie einen Ausführungsgang besässe. Die Enden der einzelnen Läppchen führen in einen geschlossenen Centralcanal. Die Träubchen selbst enthalten in einem von Bindegewebe gebildeten Netzwerke Zellen, welche wieder vollkommen den Lymphkörperchen gleichen, so dass also auch hier eine grosse Ähnlichkeit mit Lymphdrüsen und Milz sich herausstellt. Auch umspinnen Gefässe ihre Wandung, grade so wie die einzelnen solitären Follikel der Peyerschen Placques. Bau der Thymus.

860. Man hat noch nicht ermitteln können, ob die Thymusbläschen mit Lymphgefässen in Verbindung stehen, so dass man sie in der Zeit, in welcher sie am Meisten entwickelt ist, nämlich gleich nach der Geburt, als ein den Lymphdrüsen analoges Organ ansehen könnte. — Ausser den Lymphkörperchen hat man in der thymus nach Ecker noch andere concentrische Körperchen gefunden, auf welche hier nicht genauer eingegangen werden kann. [1] Function der Thymus.

d. Schilddrüse.

861. Auf feinen Schnitten aus der Schilddrüse bemerkt man sogleich die $^1/_{40}$—$^1/_{20}$‴ grossen Drüsenblasen, welche an ihrer innern Fläche entweder blos mit einem Epithel belegt sind und übrigens Flüssigkeit enthalten, oder fast ganz mit Zellen von $^1/_{250}$—$^1/_{160}$‴ gefüllt sind, welche mit Lymphkörperchen eine gewisse Ähnlichkeit haben. Zwischen den Blasen liegt ein Stroma von Bindegewebe und elastischen Fasern. Schilddrüse.

Die Funktion dieser während des ganzen Lebens persistirenden Drüse ist unbekannt, vielleicht steht auch sie zu der Bereitung der Lymphkörperchen in Beziehung. Sie ist ungemein reich an Blut- und Lymph-Gefässen.

e. Nebennieren.

862. Diese höchst eigenthümlichen Organe sind durch ihre auffallende Menge von Nerven ausgezeichnet, welche sich in der Mark- Bau der Nebennieren.

1) Ueber die Thymusdrüse vgl. Hewson exper. inqu. Lond. 1777. (Er nimmt an, dass in derselben Blutkörperchen sich bilden.) — A. Cooper, On the anat. of the thymus gland. Lond. 1832. — J. Simon, A physiol.. essay on the thymus gland. Lond. 1845. — Restelli, De thymo disqu. anat. phys. Ticini Regii 1845. (Er exstirpirte bei 97 Thieren die Drüse; 6 blieben am Leben, magerten ab und zeigten grosse Gefrässigkeit.) — Kölliker, Gewebelehre. Leipz. 1859. p. 488. — Jendrassik in Sitzungsber. der Wiener Akad. 1856, XXII. — Friedleben, Phys. der Thymusdrüse. Frankf. 1858. — Hiss in Zeitschr. f. wiss. Zool. X.

Digitized by Google

substanz verbreiten. Die Rindensubstanz enthält Blasen, welche Zellen und Kerne einschliessen. Man kann es noch nicht wagen, über die Function der Nebennieren eine wahrscheinliche Hypothese aufzustellen.

Function der Nebennieren.

863. In neuerer Zeit glaubte Addison [1]), dass eine krankhafte Bronzefärbung der Haut mit Entartung der Nebennieren zusammenfalle, jedoch ist darüber noch kein bestimmtes Resultat festzustellen, da diese Hautfärbung auch ohne Krankheiten der Nebennieren, und letztere ohne jene beobachtet wurden. — Brown-Sequard sah nach Exstirpation beider Nebennieren bei Thieren raschen Tod erfolgen, was Gratiolet der damit verbundenen eingreifenden Operation zuschreibt, und Philipeaux beobachtete, dass weisse Ratten lange Zeit nach dieser Operation am Leben blieben. Auch soll nach Brown-Sequard das Blut von Thieren, denen die Nebennieren exstirpirt waren, pigmentreich sein. — Bei meinen Versuchen über die Function der Ganglien im Unterleibe habe ich mitunter auch die Nebennieren, bald eine, bald beide mit exstirpirt. Ich konnte keinen besonderen Einfluss davon wahrnehmen. Auch konnte ich im Blute keine Pigmentvermehrung finden.[2])

Blutkörperchen.

Bildung der Blutkörperchen aus Lymphkörperchen.

864. Man sieht vielfach die Lymphkörperchen als diejenigen Gebilde an, aus welchen die Blutkörperchen entstehen. Jene sind bei Säugethieren meistens, jedoch nicht immer [3]), grösser, enthalten einen oder auch mehr Kerne und eine körnige Masse. Sie müssen also bei ihrer Umwandlung kleiner werden, und ihr Inhalt sich in die eigenthümlich gefärbte Modification von Protein verwandeln, welche die kernlosen Blutzellen erfüllt. Ganz bestimmt ist dieser Übergang nicht dargethan. Für denselben spricht, dass auch im Embryoleben den gefärbten kernlosen Blutzellen kernhaltige, ungefärbte vorhergehen, und dass nach den Beobachtungen von Kölliker und Funke in der Milz Übergangsformen zwischen Lymph- und Blutkörperchen bestehen. In den Elementen des Blutes selbst hat man bis jetzt solche Übergänge jedoch nicht wahrgenommen.

1) Addison, On the constitut. and local effects of disease of the suprarenal capsules. Lond. 1855.

2) Vgl. Compt. r. 1856, XLIII, 422, 468, 542, 904, 1155 und XLIV, 246 und 396; XLV (1857), p. 1036.

3) Virchow und Kölliker fanden bei einem Hingerichteten die Lymphkörperchen ohne Ausnahme kleiner, als die Blutkörperchen.

Digitized by Google

Kleinere dunklere und grössere hellere Blutkörperchen.

865. Im Blute existiren Blutkörperchen, welche dunkler und kleiner, und andere, welche heller und grösser sind. Jene sieht man als die jüngern, diese als die ältern an. Wenn aber die Blutkörperchen aus den Lymphkörperchen entstehen, so möchte gerade eine entgegengesetzte Annahme wahrscheinlicher sein.

866. Zimmermann hat auf kleine Blutkörperchen aufmerksam gemacht, welche man in dem übrigens hellen, von den meisten Blutkörperchen geschiedenen liquor sanguinis findet, welche er für junge Blutkügelchen hält. Man sieht ähnliche, wie Virchow (Cellularpath., p. 200) bemerkt, in Extravasaten, also unter Umständen, in welchen Blutkörperchen dem Untergange anheimfallen. Vielleicht sind also grade diese kleinen, dunklen, melanösen Blutkörperchen mit C. H. Schultz für alte, zerfallende, absterbende anzusehen.

Blut- und Gallenfarbestoff.

867. Schon oben bei der Untersuchung der Milzfunction wurde erwähnt, dass die blutkörperhaltigen Zellen in pigmentirte Körnchenzellen übergehen. Das deutet darauf hin, dass der Farbestoff der Blutkörperchen sich in Pigment umwandeln kann. Zenker[1]) und Valentiner[2]) suchen in der That durch ihre Untersuchungen die Verwandtschaft von Gallen- und Blutfarbestoff sehr wahrscheinlich zu machen.

Wenn nun die angegebenen, bis jetzt noch keineswegs als festgestellt anzusehenden Annahmen sich bestätigen sollten, so würden in den conglobirten Drüsen Lymphkörperchen erzeugt, zum Theil schon an Ort und Stelle, zum Theil im Blute selbst in Blutkörperchen umgewandelt. Diese waren in ihrer Jugend gross und blass, wurden intensiver gefärbt, kleiner, schrumpften ein, wurden zu melanotischen Blutkörperchen und endlich zu Pigment. — Damit wäre freilich auch nicht einmal muthmasslich ausgesprochen, dass dies die einzige Art des Untergangs von Blutkörperchen sei. Denn man muss daran denken, wie leicht und überraschend schnell dieselben durch manche Substanzen, z. B. Galle (s. p. 228), aufgelöst werden, und dass also auch eine Auflösung im Blute selbst möglich ist.

III. Fett.

Zertheilung des Fettes.

868. Das neutrale Fett kommt im Körper in der verschiedensten Grösse vor; so fein zertheilt, dass es unmessbar ist und gewiss da, wo es nicht in grösserer Menge sich häuft, öfters unsern Blicken entgeht und wiederum in grossen, greifbaren Portionen. Man kennt bereits mehre Substanzen, welche die Zertheilung des Fettes mächtig

1) Zenker in Virchows Archiv XVI, 562. 1859.
2) Valentiner in Günsburgs Zeitschr. 1859, p. 46.

Digitized by Google

unterstützen, wie den pankreatischen Saft und die Galle, und es möchten, wenn man danach sucht, noch manche andere sich finden. Dieser mechanische Prozess, welcher sich in den Zellen des Darmcanals beständig wiederholt (s. p. 210), scheint im Körper eine grosse Ausdehnung zu haben. Es finden sich in der That solche kleine Fettkörnchen fast in allen Organen und in vielen Flüssigkeiten, theils in inniger Verbindung mit beiden, theils in Zellen abgelagert, wie in den tunicis adiposis, unter der Haut u. s. w.

Aufnahme des Fettes in die Fettzellen.

869. Es ist unbekannt, auf welche Weise das Fett in die Zellen gelangt, da es durch feuchte Wände nicht durchdringt. Wie schon erwähnt, nimmt man an, dass die Epithelien des Darmes mikroskopische Canäle haben; auch an andern Epithelien hat man Aehnliches gesehen, s. p. 210. Jedoch sind, soweit die jetzige Erfahrung geht, dies immer Ausnahmen. Bei den meisten Zellen weiss man nichts von solchen Öffnungen und Canälen. Nichts desto weniger ist es thatsächlich, dass sie im Stande sind, dem Fett Ein- und Ausgang zu verschaffen. Wenn Menschen dickleibig und dann wieder mager werden, so hat sich Fett in Zellen unter der Haut angesammelt und ist später wieder geschwunden. Der Prozess, welcher in den Darmzotten in wenigen Stunden vollendet ist, geht hier nur langsamer von Statten, ist aber wesentlich derselbe. Nur weiss man von dem Hergange noch weniger, als bei den Zotten. So lässt sich nicht sagen, ob das Fett, welches die Fettzellen verlassen hat, von den Lymph- oder Capillargefässen aufgenommen wird, auch nicht, ob das sich ablagernde Fett aus der einen oder andern Art von Gefässen stammt, ob es überhaupt als neutrales Fett cirkulirt, oder verseift ist und seine Base abgibt, ja sogar, was jedoch, wenn es überhaupt vorkommt, gewiss selten der Fall ist, ob nicht der eiweisshaltige Stoff der Zellen selbst in Fett übergeht. Obgleich man bei mikroskopischer Untersuchung des normalen Blutes keine Fettkügelchen antrifft, so kann man doch nicht behaupten, dass nicht solche in so fein zertheiltem Zustande vorhanden seien, dass sie unsern Blicken entgehen. Vgl. p. 233, § 489.

Fett in Organzellen. Fettleber.

870. Verschiedene Drüsenzellen nehmen gern Fett in sich auf und füllen sich vollständig damit an. Dahin gehören z. B. die Leberzellen. Bei gemästeten Gänsen enthalten dieselben grosse Mengen Fettkügelchen, ebenso findet man dies bei säugenden Thieren (Köl-liker). Es ist wahrscheinlich, dass das Fett aus dem Darme stammt, ins Blut übergeht, und aus der Pfortader wieder von den Leberzellen aufgenommen wird. In krankhaften Zuständen ist die Fettanhäufung innerhalb der Leberzellen eine bekannte Sache.

Fettausscheidung durch die Milchdrüsen.

871. Am Interessantesten ist die Fettaufnahme durch die Milchdrüsen. Sie sind traubenförmige Drüsen. Jede Traube besteht aus

Digitized by Google

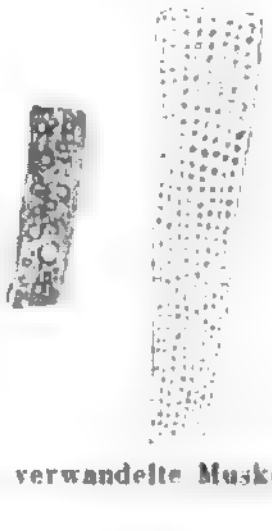
einer membrana propria mit einer Zellenlage. Die Milchdrüsen stehen in einem bis jetzt noch unaufgeklärten Connexe mit dem uterus, und nehmen leicht Theil an dessen Affectionen. Zur Zeit der Menstruation, besonders aber zur Zeit der Schwangerschaft gerathen die Drüsenzellen in eine erneute Thätigkeit. Die Zellen nehmen Fett auf, welches fein zertheilt, wie in den Zotten, vorhanden ist. Nach der Geburt ist dieser Process in seiner höchsten Ausbildung. Die Zellen selbst bersten und das Fett wird, mit einer aus dem Blute stammenden Flüssigkeit vermischt, entleert. So entsteht die Milch. Nach der Geburt gehen mit der Milch, in welcher der Zelleninhalt allein enthalten ist, auch noch vollständige Zellen, die sogenannten Colostrumkörperchen ab, welche also nichts anderes sind, als Milchkügelchen, die noch von ihrer zelligen Hülle eingeschlossen sind. — Wahrscheinlich findet zu dieser Zeit in dem Drüsenepithel eine sehr rege Zellentheilung Statt.

872. Die Talgdrüsen zeigen ähnliches Verhalten. Auch ihre Zellen bersten und es entleert sich der Hauttalg. Talgdrüsen.

873. Während die genannten Zellen ihre Thätigkeit in der Fettaufnahme erschöpfen, gehört bei anderen höher organisirten schon eine Abnahme ihrer gewöhnlichen Lebensverrichtungen dazu, wenn sie sich mit Fett tränken sollen. Die schlecht ernährten Muskeln büssen ihre Querstreifen ein und füllen sich mit Fett. Fettige Degeneration.

874. Muskeln, welche lange nicht mehr in Gebrauch sind, erleiden leicht diese Fettmetamorphose. Bei einem Manne, der von Ph. v. Walther 25 Jahre vorher am Oberschenkel amputirt war, fand ich nach dem Tode in dem Stumpfe die Muskelfasern des m. sartorius und rectus, die ich untersuchte, keine Spur von Querstreifen mehr, vielmehr waren die bindegewebartigen Fasern mit Fettkügelchen bedeckt. Dieselbe Beobachtung hat Imans am pectoralis major gemacht. Aber nicht in allen alten Stumpfen sind die Muskeln so in Fett umgewandelt und zwar deshalb, weil die Amputirten oft ihre Stumpfe mit grosser Geschicklichkeit noch zu Bewegungen anwenden. [1]) In Muskeln.

Figur 104.



In Fett verwandelte Muskelfasern.

Bei Muskelatrophie findet man häufig fettige Entartung, besonders aber sind die Muskelfasern des Herzens sehr häufig diesem Zustande unterworfen.

Von der fettigen Entartung der Nerven ist oben schon die Rede gewesen. In Nerven.

---

1) Man vgl. auch Gluge in anat.-mikroskop. Unters. Mind. 1838. — J. Vogel in Wagner's Handw. I, 859.

Digitized by Google

im Graafschen Follikel und der Thymus.

Fettige Entartungen im normalen Körperzustande zeigen die Graafschen Follikel, nachdem ein Eichen ausgetreten ist, sowie die glandula thymus, welche bald nach der Geburt sich durch fettige Entartung verkleinert.

in fremden Körpern, welche in die Bauchhöhle gebracht werden.

875. Auch in fremde Körper, welche man in Höhlen eines lebendigen Thieres legt, dringt Fett ein. Die einfachste Beobachtung der Art lässt sich nach einer Methode machen, welche von R. Wagner [1]) angegeben wurde. Sie besteht darin, gewisse Körpertheile in die Bauchhöhle anderer Thiere zu bringen und sie eine Zeit lang darin zu lassen. Wagner wandte Hoden und Krystall-Linsen, Donders [2]) Krystall-Linsen und elastische Gewebe, Middeldorph [3]) Knochen, Jouck [4]) in meinem Laboratorium Knochen nach dieser Methode an. Die fremden Körper erzeugen eine Ausschwitzung und es bildet sich eine Capsel, die sie einhüllt. Während ihre eigenthümlichen Bestandtheile nach und nach schwinden, sammelt sich Fett in ihnen an, wie die chemische und mikroskopische Beobachtung lehrt. So fand R. Wagner 2—12% mehr Fett in den transplantirten Hoden, als in frischen. Jouck fand bei 6 transplantirten Knochen folgende Gewichtsabnahmen. Innerhalb 16 Tagen hatte ein Knochen von 4,579 Grm. um 0,164 Grm., innerhalb 5½ Monate ein Knochen von 2,19 Grm. um 1,21 an Gewicht abgenommen.

IV. Bindesubstanz.

Bau des Bindegewebes.

Zwischen den meisten Gewebtheilen der Körper erscheint eine durchsichtige, feste Substanz, welche dem blossen Auge bald in Form von Fasern sich darstellt, bald membranartig sich ausbreitet, das Bindegewebe. So findet es sich z. B. zwischen den Muskelfasern, einzeln und bündelweise sie umhüllend, in grosser Menge. Wenn man ein Stückchen frisches Fleisch schabt, kann man den grössten Theil der weichern Muskelsubstanz entfernen und es bleibt das Bindegewebe zurück. So stehen die äussere Haut, die Schleim- und serösen Häute mit den Nachbartheilen durch Bindegewebe im Zusammenhang; die genannten Theile selbst, sowie die Sehnen, Bänder und alle umhüllenden Häute haben zu ihrer Grundlage das Bindegewebe. Im Embryonalzustande (s. Fig. 105) erscheint dasselbe aus spindelförmigen Zellen zusammengesetzt, welche eine homogene Zwischensubstanz umgeben. Die embryonalen Zellen gehen in Fasern aus und diese bilden oft

1) R. Wagner in Gött. gel. Anz. 1851, Nr. 8. — Archiv f. phys. Heilk. X, 520.
2) Donders in Nederl. Lancet, 3. Ser. I, 556.
3) Middeldorph in Günsburg Zeitschr. III, 59.
4) Jouck, De mutat. oss. Berol. 1853. Vgl. auch Michaelis in Prag. Viertelj.-Schr. 1853, X, 4. — Husson u. Schrader in Gött. Nachr. 1853, p. 41. — Burdach, De comm. subst. prot. in adipem. Regiom. 1853.

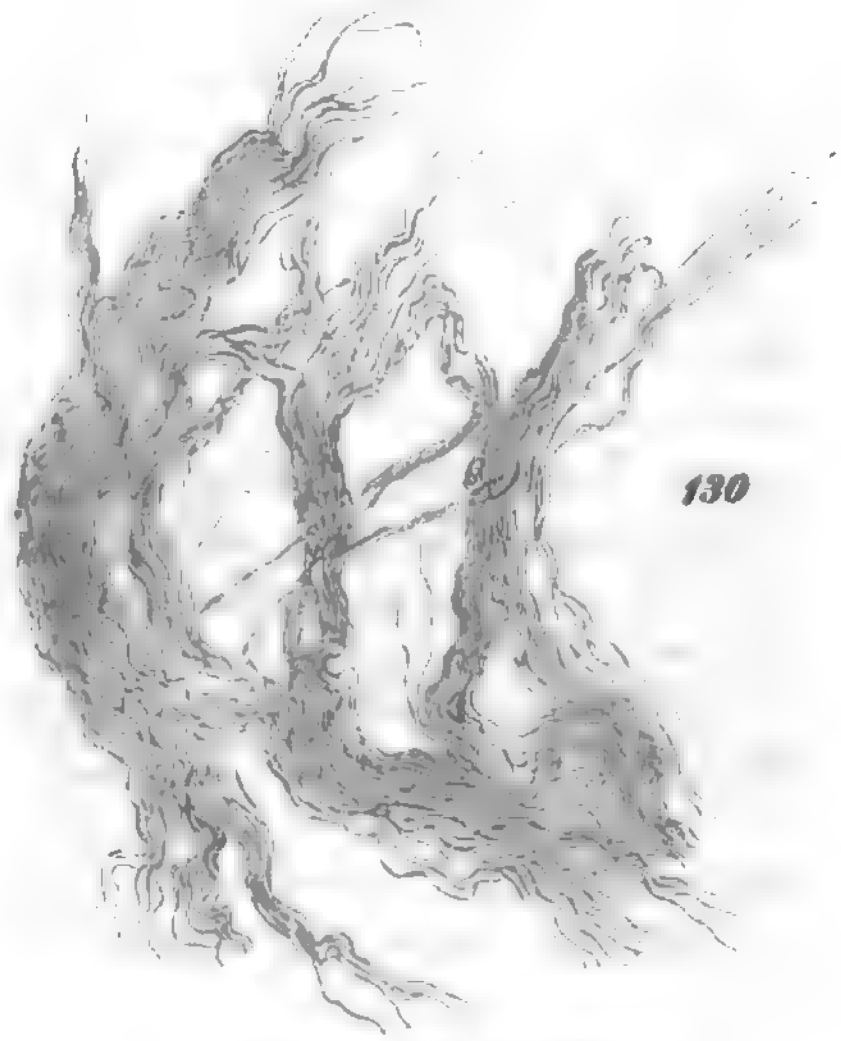
Digitized by Google

Netze. — Durch Zusatz von Essigsäure werden die schon an sich deutlichen Zellen noch klarer. — Beim Erwachsenen sind die Verhältnisse anders. Hier erkennt man nämlich ohne weitern Zusatz in den meisten bindegewebehaltigen Theilen keine Zellen, vielmehr in der Regel mehr oder weniger gelockte Faserbündel, oder auch eine mehr gleichartige, zuweilen etwas körnige Masse. Immer ist es ausserordentlich hell, die Fasern höchst fein, $^1/_{2000}$''' breit und selbst noch weniger (Fig. 106). Einige Anatomen, besonders Reichert, bestreiten überall die faserige Beschaffenheit des Bindegewebes und halten diese nur für eine Faltung der membranartigen Ausbreitung. Man kann jedoch durch manche chemische Mittel, z. B. Barytwasser (Rollet), durch eine Mischung von Salpetersäure mit chlorsaurem Kali (Budge) die Fasern trennen, wonach also die wirkliche Existenz von Fasern nicht wohl in Abrede zu stellen

Figur 105.

Bindegewebe aus dem Unterhautzellgewebe eines Kaninchenembryo. 250 Mal vergrössert.

Figur 106.



Bindegewebe eines Erwachsenen. 130 Mal vergrössert.

Digitized by Google

ist. Wenn man Bindegewebe mit verdünnter Essigsäure behandelt, so verblassen die Fasern, hingegen kommen in vielen Fällen andere zum Vorschein, welche dadurch sich auszeichnen, dass in ihnen zellenartige Verdickungen sich zeigen. Letztere wurden früher von Henle als Kerne angesehen und mit dem Namen Kernfasern bezeichnet. Später hat man sich überzeugt (Donders, Virchow), dass sie Zellen und die mit ihnen verbundenen Fasern feine elastische Fasern sind. So konnte man also im Bindegewebe zweierlei verschiedene bestimmte Elementartheile unterscheiden, die gelockten Bindegewebefasern ohne Zellen und die feinen elastischen Fasern mit Zellen. — Dazu kommt nun, dass in einzelnen aus Bindegeweben bestehenden Organtheilen solche zellenartige Körperchen auch schon sichtbar werden ohne Zusatz von Essigsäure, z. B. bei Durchschnitten von Sehnen.[1]) — Es war nun die Frage, wie sich die embryonalen spindelförmigen Zellen und ihre Zwischensubstanz zu dem Bindegewebe bei Erwachsenen verhalten. Hierüber haben sich verschiedene Ansichten kund gethan. Nach Schwann entstehen aus den embryonalen Zellen die gelockten Fasern, die Kerne verschwinden; nach Reichert sind diese Fasern die vormalige Zwischensubstanz, mit welcher die Zellenmembranen sich verschmolzen haben, der Kern bleibt zuweilen, in andern Fällen schwindet er. Virchow hält die Fasern gleichfalls für die frühere Zwischensubstanz, nimmt aber überall noch daneben Zellen an, welche oft wenig deutlich erscheinen. Zu diesen rechnet er sowohl diejenigen, welche den sog. Kernfasern angehören, als auch diejenigen, welche in den Sehnen und andern Gebilden sich vorfinden. Er gibt den Zellen den allgemeinen Namen: Bindegewebskörperchen und hält diese für die wesentlichsten Bestandtheile, welche besonders in Krankheiten einer sehr beträchtlichen Entwicklung und Fortpflanzung fähig seien. Die allermeisten Neubildungen, welche z. B. in den verschiedenen Geschwülsten, den Tuberkeln, dem Typhus auftreten, erklärt V. als aus dem Bindegewebe und deren Zellen hervorgegangen, — eine Ansicht, welche durch viele Untersuchungen anderer Beobachter gestützt wird. — Dadurch erhält natürlich das Bindegewebe eine viel grössere Bedeutung, als man früher ihm zutheilte.

Reichert sieht gewiss mit Recht das Bindegewebe als ein dem ganzen Körper zu Grunde liegendes Gerüste an, in welches die anderen Gewebe eingebettet sind. Er stellt auch das elastische Knochen- und Knorpelgewebe in eine nahe Beziehung. Virchow geht noch weiter und identificirt diese Gewebe ganz, und

1) Nach Henle und Andern sind diese Zellen nur Lücken im Gewebe, nicht wirkliche Gewebstheile.

Digitized by Google

belegt sie mit dem Namen: Bindesubstanz. Alle die genannten Gewebe haben Mancherlei mit einander gemein. Ihre Verrichtungen sind mehr mechanischer Art. Knochen und Knorpel bilden die Stütze des Körpers und feste Anlagen, die Häute und Canäle schliessen andere Körpertheile, sowohl flüssige als feste ein, das Bindegewebe vereinigt nicht nur alle unter einander, sondern es trägt gewiss auch wesentlich zu ihrer Cohäsion bei. Die Muskelsubstanz selbst ist sehr weich, das Bindegewebe, welches die Fasern und Faserbündel einhüllt, sehr resistent. Man beobachtet, dass Muskeln robuster Menschen und solcher Thiere, welche nicht zur Mast, sondern zur Arbeit gebraucht wurden, viel mehr Leim geben, als andere. Auch der Herzmuskel gibt ausserordentlich viel Leim. Das elastische Gewebe verleiht den meisten Organen die zu ihrer Functionsübung unentbehrliche Elastizität. Alle entwickeln sich aus Zellen und Intercellularsubstanz, worauf Reichert Gewicht legt; letztere bleibt in den hyalinen Knorpeln als eine durchsichtige homogene Substanz, in den Faserknorpeln als fasrige Masse, in den Knochen als Lamellen, im Binde- und elastischen Gewebe als die eigenthümlichen Fasern. Sie zeigen, was namentlich durch pathologische Fälle erwiesen ist, Übergänge, und können sich, die eine in die andere, verwandeln, wie namentlich die Verknöcherung des Bindegewebes zeigt.

Obwohl also eine Ähnlichkeit der angeführten Gewebe nicht in Abrede zu stellen ist, so gibt es anderseits wieder Beobachtungen, welche, wenigstens vom physiologischen Standpunkte aus, verbieten, ohne Weiteres das Knorpel- und elastische Gewebe ganz in eine Reihe mit dem Binde- und Knochengewebe zu stellen.

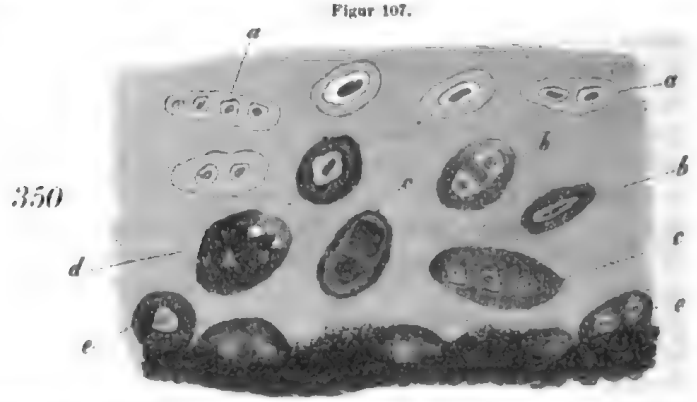
Wenn das knorpelige Skelett verknöchert, so gehen die Knorpelzellen nicht in Knochenzellen über, sondern diese gehen unter und es bilden sich Bindegewebskörperchen. Substanzverlust in Knorpel wird nicht von neuer Knorpelmasse ersetzt, sondern es entsteht Bindegewebe, wie Redfern[1]) beobachtet hat. Obwohl durch Kochen von Knorpel, von Bindegewebe und von Knochen Leim entsteht, so ist doch der Knorpelleim (Chondrin) verschieden vom Knochen- und Bindegewebsleim (Colla oder Glutin). — Auch die Knorpelzellen sind sehr verschieden von den Knochen- und Bindegewebezellen. Auch treten letztere sehr gegen die fasrige Intercellularsubstanz zurück, oft sind sie gar nicht vorhanden, — während die Knorpelzellen (s. Fig. 107) bei Weitem vorwalten.

Es gibt nun auch Gebilde, welche zum Theil dem Knorpel, zum Theil dem Bindegewebe ähnlich sind. So z. B. die cornea. Sie enthält Bindegewebskörperchen, aber keine Bindegewebsfasern, und gibt

1) Redfern in Monthly Journ. 1851. — Canstatts Jahresber. v, 1851, I, 52.

Digitized by Google

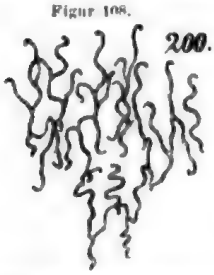
Figur 107.



Knorpelzellen am Knochenrand von der Symphyse e. Mannes. 350 M. vergr. Copie nach Kölliker. *a* Knorpelzellen mit verdickten Wänden. *b* solche in der Ossification begriffen. *c* fast ossificirte Zellen. *d* ebensolche mit Kalkkrümeln. *e* ossificirte Zellen am Rande der Kalkkrümel enthaltenden Grundsubstanz des Knochens halb hervorragend.

Knorpelleim; im Faserknorpel, z. B. der epiglottis, sind neben Knorpelzellen Fasern, welche den Bindegewebsfasern ähnlich sind.

Figur 108.



Elastische Fasern aus der tunica media der a carotis vom Schweine. 200 Mal vergrössert.

Das elastische Gewebe ist von dem Bindegewebe dadurch verschieden, dass es bei langem Kochen keinen Leim gibt, sondern in eine bräunliche, durch Gerbsäure, Sublimat und Jod fällbare Substanz verwandelt wird. Säuren und Alkalien greifen es bei Weitem nicht so sehr an, wie das Bindegewebe, selbst nicht kalte concentrirte Essigsäure, und es widersteht sogar lange der Kalilösung. Auch ihr Bau ist vom Bindegewebe verschieden. Die Fasern sind dunkel, bei einiger Dicke kräuseln sich dieselben (s. Fig. 108) und anastomosiren mit einander.

Die elastischen Fasern kommen fast überall mit Bindegewebsfasern zusammen vor. Bald jedoch sind die ersteren, bald die andern vorwaltend. So z. B. kommt im ligam. nuchae sehr wenig Bindegewebe vor; in den Sehnen ist das letztere vorherrschend, in der iris fehlt das elastische Gewebe ganz. Ob das Bindegewebe an sich elastisch ist oder es erst durch die elastischen Fasern wird, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen. Jedenfalls hat die Beimischung der elastischen Fasern den grössten Einfluss. In den Muskeln, welche durch ihre bedeutende Elastizität vor den Sehnen sich auszeichnen, sind die elastischen Fasern in viel beträchtlicherer Menge vorhanden, wie man an dem Bindegewebe sieht, das man aus Muskeln durch Schaben erhalten hat.

Über das Wachsthum und die Ernährung der genannten Gewebe ist Folgendes zu bemerken.

Digitized by Google

a. Bindegewebe.

Das Bindegewebe erhält im Allgemeinen wenige Gefässe, so besonders das fettlose Unterhautbindegewebe, sowie das zwischen den Muskeln liegende und die Sehnen. Die serösen Häute sind zwar mehr mit Blut versorgt, doch ist hierin zwischen serösen und Schleimhäuten noch ein grosser Unterschied. In den fibrösen Häuten, welche gleichfalls hauptsächlich aus Bindegewebe und elastischem Gewebe bestehen, sind dagegen die Gefässe meist reichlich vertreten. Man schreibt dem blutarmen Bindegewebe einen geringen Umsatz zu, obgleich dasselbe sehr leicht sich bildet und überall zur Ausfüllung von Lücken verwendet wird.

Virchow nimmt an, dass die im Bindegewebe, den Knochen, Knorpeln, dem elastischen Gewebe vorhandenen Zellen und deren Ausläufer ein Canalsystem bilden, welche sich mit nährender Flüssigkeit tränken und dadurch Theilen Nahrung zuführen, welche ohne Gefässe sind, so z. B. der cornea, den Knorpeln. — Lessing [1]) stellte vor Virchow die Ansicht auf, dass ein canalförmiges Netz von Fasern im ganzen Körper verbreitet sei, welches mit den Capillaren zusammenhänge. Er nannte es plasmatisches Gefässsystem.

b. Elastisches Gewebe.

Man schreibt aus denselben Gründen, welche beim Bindegewebe angeführt sind, auch dem elastischen Gewebe nur einen geringen Stoffwechsel zu. Bei beiden hat man auch in der Inanition nur eine geringe Abnahme gefunden.

c. Knorpel.

Vergleicht man Knorpelschnitte von denselben Theilen eines neugebornen Kindes und eines Erwachsenen, so fällt auf der Stelle, wie schon Harting angibt, der bedeutende Unterschied auf. Bei jenem sind die Knorpelzellen dicht gedrängt, bei diesem stehen sie viel weiter aus einander, so dass also mit dem Wachsthum die Zahl der Zellen nicht so sehr zu wachsen scheint, wogegen die Zwischensubstanz zunimmt. Die Zellen selbst aber vergrössern sich bedeutend. Bemerkenswerth ist eine Beobachtung von Redfern (l. c.), dass in der Umgebung einer absichtlich gemachten Knorpelwunde die Zellen sich beträchtlich vergrössern, bis 0,012‴ Durchmesser.

Knochen.

Man kann einen Knochen als eine grosse Menge von Zellen betrachten, welche alle unter einander durch Fortsätze oder Ausläufer in Verbindung gesetzt zu sein scheinen, so dass ein den ganzen Knochen durchsetzendes Netz entsteht. Um diese Zellen und Aus-

1) Lessing (Führer) in Wunderlich's Archiv 1859, p. 145.

Digitized by Google

läufer ist erdige Masse (phosphorsaurer, kohlensaurer, flusssaurer Kalk) abgelagert, wodurch der Knochen seine feste Form erhält. Bei getrockneten Knochen schrumpfen die Zellen und es erscheinen daher in Knochenschliffen nur dunkle Hohlräume (Knochenkörperchen oder Knochenhöhlen) mit Ausläufern (früher canalieuli caleiphori genannt). Zur Untersuchung der von Virchow entdeckten Zellen muss man sich frischer Knochenschliffe bedienen, welche mit Salz- oder Chromsäure erweicht worden sind. — Es zeigen sich jedoch nicht in allen Fällen die Ausläufer vollkommen deutlich. Die verknöcherte Zellenmasse wird von grösseren Canälen durchzogen, canalieuli Haversiani oder Markcanäle genannt, welche ein zweites grösseres Röhrensystem nach allen Seiten und Richtungen der Knochensubstanz constituiren. Beide Systeme, das der Haversischen Canälchen und der Knochenkörperchen stehen unter einander in Verbindung, beide münden frei an der Oberfläche der Knochen, sowie in den Markräumen im Centrum. Die Haversischen Canälchen nehmen Blut führende Gefässe, welche vom Periost aus in sie eintreten, und Nerven auf, enthalten ausserdem Fett. — Die Grundsubstanz der zwischen dem von Gefässcanälen durchsetzten, mit Erden erfüllten Zellennetze ist körnig und bildet Schichten von Lamellen, wodurch Knochenschliffe ein Ansehen von ineinanderstecken den Cylindern erhalten, s. Fig. 109.

Figur 109.

Knochenschliff aus einem Röhrenknochen.
a Knochenkörperchen.
b Markcanal.

Die Knochen reproduciren sich sehr leicht. Die wichtigste Stelle, von der aus sie sich neu bilden, ist die sie umkleidende Beinhaut. Besonders merkwürdig sind in dieser Beziehung die Versuche von Ollier [1]). Wenn man nämlich ein Stück Periost eines lebenden Thieres einem andern unter die Haut einbringt, so bildet sich an dem getrennten Lappen ein mit allen Elementen des Knochens versehener Knochen. Diese Neubildung geht von einem auf der innern Schicht des Periosts aufsitzenden Blastem aus. Wird diese abgeschabt, so bleibt der Erfolg aus. — Die Beinhaut der platten Schädelknochen zeigt sich hierzu viel weniger geeignet, als die der Röhrenknochen und die dura mater, soweit sie mit dem Schädel in Berührung ist. Bei Kaninchen beginnt schon am 7—8. Tage die Kalkablagerung. Die neue Grundmasse ist bald fibrös, bald knorpelartig. Auf dem seines Periosts beraubten Knochen bildet sich nach einiger Zeit eine Beinhaut von Neuem. — Hieraus geht hervor, dass die knochenbildende Schicht ebenso gut dem Knochen, als dem Periost zugeschrieben werden kann, dass sie sich an der Grenze beider erzeugt.

1) Ollier in Brown-Sequard Journ. de la phys. 1859, II, 1 u. 169.

Digitized by Google

— Nach Beinbrüchen und Resectionen können sich die Knochen regeneriren und vollkommen wieder ersetzen, welcher Prozess hauptsächlich von dem Periost ausgeht. Jedoch kann auch von andern Theilen aus, namentlich der Markhöhle (Flourens) und den Enden der zerbrochenen Knochen (Miescher) neue Knochenbildung erfolgen.

Nach der Geburt sind bekanntlich die Enden der Röhrenknochen (Epiphysen) mit dem Mittelstücke und die Schädelknochen unter einander durch Knorpel verbunden. An diesen Berührungsstellen zwischen Knorpel und Knochen muss gleichfalls eine knochenbildende matrix sich abscheiden können. Hier findet nämlich ein Wachsthum Statt, indem neue Knorpelzellen entstehen, in deren Grundmasse sich Kalkmasse ablagert, die Knorpelsubstanz resorbirt wird und neue sternförmige Zellen (Knochenzellen) sich bilden. Dadurch wird der Knochen länger. Nach der Vereinigung der Epiphysen mit den Diaphysen ist das Längenwachsthum grösstentheils vollendet.

Obwohl die Knochen die härtesten Theile des Körpers sind, so ist doch kein anderer Theil so nachgiebig und verändert so leicht seine Form, als gerade der Knochen. Dies lässt sich hauptsächlich auf die Leichtigkeit zurückführen, mit welcher die Knochenneubildung erfolgt. Zwei Einflüsse machen sich hierbei besonders bemerkbar, einmal der Zug der Muskeln und zweitens der Zufluss von Blut; da auf beide Einflüsse die Nerven einwirken, so sind auch sie von grosser Bedeutung für die Knochenernährung.

Die Stärke der Vorsprünge, Rauhigkeiten, Winkel, Höcker und Fortsätze an den Knochen einer Leiche geben ein treues Bild des Volumens der Muskeln, welche sich an ihnen befestigt und der Kraftäusserung, zu der sie gedient haben. Ein anhaltender Druck kann sie verdünnen und aushöhlen, so dass z. B. an der Schulter und dem Becken nach uneingerichteten Verrenkungen neue pfannenartige Vertiefungen entstehen. Nach Wegnahme der Kaumuskeln bei ganz jungen Thieren mit Schonung des Periosts sah L. Fick [1]), dass die entsprechende Unterkieferhälfte bedeutend in der Entwicklung zurückblieb. Hingegen waren die Knochen der andern nicht operirten Seite herüber gewachsen. Die Augenhöhlen, deren bulbus durch Öffnen der cornea entleert wurde, waren dadurch enger geworden als die gesunden, die Orbitalwände dagegen hatten sich verdickt.

Reizung des Periosts hat neue Knochenbildung zur Folge. Dies ist unter andern der Fall, wenn man bei einem Thiere um einen Knochen, z. B. der tibia, einen silbernen Ring legt [2]) und das Thier am Leben lässt. Ein solcher Ring wird alsbald mit neuer Knochen-

1) L. Fick, Über die Ursachen der Knochenformen. Gött. 1857 u. Marb. 1858.

2) Vgl. Duhamel in mém. de l'acad. 1742 u. 1743. — Flourens, théor. expér. de la form. des os. Par. 1847.

Digitized by Google

masse umgeben, wodurch eine wahre Exostose entsteht, welche oft noch lange besteht, selbst wenn der Ring weggeschoben worden ist. Obgleich also in diesen Fällen der Ring nicht mehr an der Oberfläche des Knochens liegen bleibt, sondern mehr nach innen zu rücken scheint, so darf man daraus auf die Ernährung keinen Schluss ziehen. Denn der Ring wird nur von neugebildeter Knochenmasse überzogen. In Folge der Reizung, welche durch einen umgelegten Ring hervorgebracht wird, entstehen aber nicht nur Exostosen, sondern häufig wird der ganze Knochen dicker und selbst länger, wie ich[1]) bei Tauben beobachtete.

Erhalten junge Thiere mit ihrem Futter Färberröthe[2]), so werden die Knochen nach einigen Wochen vollständig roth. Diese Röthe ist über den ganzen Knochen verbreitet, aber die Oberfläche ist am Stärksten gefärbt. Wird diese Fütterung eine Zeit lang ausgesetzt, so bemerkt man nach dem Tode, dass die äusserste Schicht weiss ist, was daraus sich erklärt, dass von den Gefässen des Periost aus sich am Meisten neue Substanz ansetzt. — Hingegen hat sich nicht bestätigt, dass wenn man ein Thier mit Färberröthe gefüttert, dann ihm ohne diese Beimischung eine Zeit lang seine Nahrung gegeben, endlich zum zweiten Male die Färberröthe angewandt hatte, nach dem Tode die Spuren früherer und späterer Färbung sich unterscheiden lassen.

Neuerlich hat Flourens[3]) beobachtet, dass die Knochen der Embryonen sich röthen, wenn das Mutterthier Färberröthe erhält. — Eierschalen von Vögeln, welche viel Färberröthe oder Maikäfer (Pouchet) gefressen haben, werden dadurch roth oder braun gefärbt; ferner sah man den Dotter und das Eiweiss der Eier, bei Säugethieren Milch, Urin und Serum gefärbt[4]), an den Zähnen ist die subst. eburnea gleichfalls geröthet (Flourens), bei jungen Thieren auch die subst. adamantina.

V. Muskeln.

Während des fortschreitenden Alters nehmen die Muskelfasern nach allen Dimensionen zu, so dass z. B. bei einem ausgewachsenen Kaninchen die Breite der Muskelfasern betrug = $^1/_{50}$‴, bei einem

1) Budge, Deutsche Klinik 1858, No. 41.

2) Man vgl. Duhamel in Mém. de l'acad. 1742. 1743. — Flourens, Ann. des sc. nat. III, 104. — Serres u. Doyère, ib. XVIII. 1842, p. 157. — v. Bibra, Chem. Unters. über Knochen und Zähne, p. 50. — Brulle u. Hugueny in Compt. r. 1845, XXI, 1061. — E. H. Weber (Hildebrandt), Anat. I, 340. Man vgl. Pouchet Heterogenie, 323.

3) Flourens in C. r. 1860, 4 juin u. Ann. des sc. nat., 4e sér., XII, 245.

4) Vgl. Hermbstädt in pharm. Centralbl. 1833, p. 401. — Joly et Filhol in Mém. de l'acad. de Belgique, III.

Digitized by Google

1 Tag alten = $^1/_{320}$‴ (Deiters).[1]) Hieraus hat man geschlossen, dass beim Wachsthum die Anzahl der Muskeln sich nicht vermehre, sondern ihre Zunahme nur in der Vergrösserung der einzelnen Dimensionen beruhe. Dies ist jedoch nicht richtig. Ich habe durch unwiderlegliche Versuche, und zwar durch das sicherste aller Mittel, durch direkte Zählung, gezeigt, dass ausserdem auch neue Muskeln entstehen. In einer Mischung von reiner Salpetersäure (1,205 sp. G.) mit chlorsaurem Kali im Überschusse trennen sich nämlich alle einzelnen Muskelfasern, ohne dass sie weiter angegriffen werden. Bei einem erwachsenen Frosche dauert die Trennung der Fasern des m. gastrocnemius ungefähr 24 Stunden; bei jüngern kürzere Zeit. Bei niederer Temperatur geht der Prozess weniger rasch von Statten. Nach genügender Einwirkung des genannten Mittels sieht man die einzelnen Fasern nur noch lose auf einander liegen, ohne dass sie jedoch aus einander fallen. Der Muskel ist vielmehr noch vollständig abgerundet. Lässt man nun in einem Uhrglas ein paar Tropfen Wasser auf denselben fallen, so lösen sich die Fasern von einander, gewöhnlich so, dass noch kleine Bündelchen zusammenhalten. Man kann sie durch sanfte Berührung mit einer Nadel leicht auf ein Objectglas bringen und sehr wohl zählen. Man muss natürlich immer nur eine kleine Portion zusammen nehmen, um sich nicht zu irren. Die Zählung geschieht unter Anwendung des Mikroskops. Wenn das Präparat gut ist, so muss man an jeder Faser ihre beiden unversehrten Enden (die man ausserordentlich leicht erkennt) vor sich haben, wodurch man versichert ist, zerrissene Fasern nicht für ganze zu halten. Die Resultate, welche ich in 7 Zählungen bei verschieden grossen Fröschen gefunden habe, sind folgende:

	1	2	3	4	5	6	7
Länge des Frosches vom Scheitel bis zum After in Millimetern	13	15,5	17	33,75	46	76,5	80
Zahl der Fasern im m. gastrocnemius	1053	1336	1727	1925	3434	4458	5711

Nach Margo[2]) wächst eine Muskelfaser der Länge nach dadurch, dass sich an ihrem Ende spindelförmige oder cylindrische quergestreifte Körperchen, die er Sarcoplasten nennt, bilden und mit der übrigen Muskelsubstanz verschmelzen; ähnlich erfolgt auch das Wachsen der Breite und Dicke nach. — Ich habe auch über die Art der Fortpflanzung Untersuchungen an Muskeln kleiner Frösche angestellt, welche mich zu folgender Ansicht geführt haben. Die Kerne in der

1) Deiters, De increm. musc. Bonn 1856. Man vgl. Harting, Rech. micrométr. Utr. 1845, p. 60. — Kölliker, Gewebelehre, p. 208.

2) Margo in Sitzungsber. der Wiener Akad. 1859, XXXVI, 219.

Digitized by Google

Muskelfaser vermehren sich durch Theilung, liegen endlich fast dicht aneinander, einzelne schieben sich aus der Längsrichtung heraus, es entsteht eine zweite Reihe von Kernen u. s. w.

Während diese Thätigkeit der Kerne vor sich geht, nimmt der Durchmesser zu, es vermehrt sich die quergestreifte Masse, welche den Inhalt bildet. Am Rande schnürt sich nun, wie ich beobachtet habe, bei jungen Fröschen eine neue Faser ab. Man findet solche, welche nur einen kleinen Zweig darstellen, andere, welche an ihren beiden Enden schon abgelöst sind, auch solche, welche nur noch an einer Stelle mit der Mutterfaser cohäriren; endlich sieht man neben stärkern sehr feine dicht anliegen, welche aber nicht mehr mit jenen verbunden und wahrscheinlich neu entstanden sind (s. Fig. 110—115). Besonders interessant war die Beobachtung der Muskeln von Fröschen, welche gehungert hatten. Ich hatte von 2 gleich grossen Fröschen den einen am 16. April getödtet und die Muskelfasern des m. gastrocnemius gezählt und gemessen; den andern ohne feste Nahrung bis 1. August

Figur 110—115.

Muskelfasern, welche im Wachsthum begriffen sind.

Digitized by Google

gelassen und dann ihn getödtet. Der m. gastrocnemius des ersten (*A*) hatte 4562 Fasern, des zweiten (*B*) 3664. Die Messung ergab Folgendes:

Eine Breite von		hatten bei *A*	hatten bei *B*	
$^{1}/_{180}$ — $^{8}/_{180}$	Mm.	248	2137	Mm.
$^{8}/_{180}$ — $^{18}/_{180}$	„	1746	1478	„
$^{18}/_{180}$ — $^{27}/_{180}$	„	1308	125	„
$^{27}/_{180}$ — $^{47}/_{180}$	„	1244	0	„
über $^{47}/_{180}$		16.		

Hieraus ergibt sich die bedeutende Abnahme der Breite der Muskelfasern durch Mangel an Nahrung, eine Erscheinung, welche zwar von vornherein als wahrscheinlich anzunehmen war, doch bis jetzt des exacten Beweises entbehrte.

D. Elektricität.

Allgemeines.

876. In verschiedenen Körpertheilen beobachtet man, so lange ihre Lebenseigenschaften noch nicht erloschen sind, galvanische Ströme. Es bestehen nämlich an verschiedenen Orten solcher Theile Ungleichartigkeiten, durch welche eine elektrische Spannung hervorgebracht wird. Man stellt sich bekanntlich die Elektricitätswirkungen als das Product von Strömen zweier heterogener Flüssigkeiten vor, welche das Streben (= Spannung) in sich tragen, sich stets zu vereinigen, während es Körper und Zustände gibt, durch welche die Vereinigung beständig gestört und eine Trennung herbeigeführt wird. Die Kraft, welche eine solche Trennung bedingt, heisst die elektromotorische. Sie entsteht beispielsweise bei der Berührung von verschiedenen Metallen, wie etwa Zink und Kupfer, Platin und Zink, Kohle und Zink u. s. w. Wenn z. B. Zink und Kupfer in Berührung gebracht werden, so entwickelt sich in demselben Augenblicke die elektromotorische Kraft, in Folge welcher die vereinigt in jedem der beiden Metalle vorhandene Flüssigkeit von einander sich scheidet und gewissermassen einen Druck auf eine jede nun getrennte ausübt, jedoch nach verschiedenen Richtungen. Die eine, welche nach dem Zink hin getrieben wird, nennt man die positive, die andere nach dem Kupfer hin fliehende die negative. Zink verhält sich positiv gegen Kupfer, noch mehr gegen Platin und Kohle. Wir erwähnen nur diese Metalle, weil sie in den galvanischen Vorrichtungen gebraucht werden, welche so häufig zu physiologischen Versuchen dienen.

Wenn man von Stromesrichtung spricht, so versteht man darunter nur diejenige des positiven Stromes gegen den negativen. Wie bei jeder Flüssigkeitsströmung kommen auch hier die Widerstände sehr in Betracht. In guten Leitern, namentlich Metallen, fliesst die Elektricität leicht, ungleich schwieriger in Flüssigkeiten oder in organi-

Digitized by Google

schen Substanzen. — Wenn Elektricität daher etwa durch Berührung von Zink und Kohle sich erzeugt, und man bringt mit jedem sowohl einen Metalldraht, als auch einen nassen Faden in Verbindung, so geht die Elektricität durch das Metall und eine verhältnissmässig kleine Spur durch den Faden. Von ihrer Ursprungsstelle sucht sie zunächst immer den Weg, auf welchem ihr die wenigsten Widerstände geboten werden oder, was dasselbe ist, auf dem sie die besten Leiter findet, und sendet nur geringe Mengen durch solche Bahnen, welche einen grössern Leitungswiderstand zeigen.

Man kann der elektrischen Flüssigkeit durch Isolatoren (Glas, Siegellack, Holz, trockne Luft u. s. w.), welche nämlich die schlechtesten Leiter sind, den Weg vorschreiben, den sie gehen muss, wenn man die Isolatoren so in die Umgebung eines bessern Leiters legt, dass die Elektricität keinen andern in der Nachbarschaft erreichen kann. Beabsichtigt man z. B., durch einen Nerven das elektrische Fluidum fliessen zu lassen, so legt man unter und neben denselben Glas. Geschieht dies nicht, so sucht die Elektricität, welche bis zum Nerven gelangt, weil derselbe, wie alle organische Substanzen, ein sehr schlechter Leiter ist, zum Theil in die Nachbarschaft überzugehen, um an das Ende ihrer Bahn zu gelangen. Es würde deshalb bei einem Versuche sehr fehlerhaft sein, wenn man die Drähte, welche mit einem galvanischen Apparate in Verbindung stehen, ohne Weiteres z. B. auf den n. vagus unten am Halse aufsetzen wollte. Denn die durch die gut leitenden Kupferdrähte bis an den n. vagus fliessende Elektricität kann nicht in derselben Menge, in der sie durch den Kupferdraht anlangt, weiter dringen, sie verbreitet sich daher auch in die Nachbarschaft, also auch in diesem Falle unter andern auf den n. phrenicus. Umgibt man aber allseitig den Nerven mit hinlänglich trockenem Glas, so dass nicht etwa durch aufliegende Flüssigkeit, welche ein guter Leiter ist, die Elektricität gleichfalls einen Ausweg findet, so ist dieselbe gezwungen, allein durch den Nerven zu gehen. Man sieht also ein, wie, ohne diese Vorsicht aufs Genaueste zu beachten, ein physiologischer Versuch, bei welchem elektrische Ströme angewendet werden, ganz werthlos ist.

Stromschleifen, ihre Entstehung und Gefahr.

877. Die Gefahr der sogenannten Stromschleifen, d. h. des Überspringens der Elektricität an Orte, welche man nicht in ihren Bereich ziehen will, ist um so bedeutender, je leichter die Nachbartheile leiten und je grösser die Spannung ist, welche der elektrischen Flüssigkeit in einem gegebenen Falle zukommt. Der Widerstand des Muskels ist geringer, als der eines Nerven und der Widerstand des Knochens 16 bis 22 Mal grösser, als der des Muskels (Eckhard). Auch zeigt dasselbe Gewebe an verschiedenen Stellen verschiedenen

Digitized by Google

Widerstand. So z. B. fand Eckhard [1]) den Widerstand im plexus brachialis einmal im Verhältniss zum Muskel = 2,4 : 1 und ein ander Mal = 1,9 : 1. — Auch scheinen einzelne Nerven vor andern sehr verschieden zu sein. Ich finde, dass nur schwierig Stromschleifen auf den ramus cardiacus n. vagi, aber sehr leicht auf den n. phrenicus übergehen. Überhaupt scheinen Nerven, welche mit Ganglien versehen sind, schlechtere Leiter zu sein, als andere.

Einen noch grössern Einfluss auf Verbreitung der elektrischen Ströme hat die Spannung derselben. Je grösser dieselbe, desto leichter entstehen Stromschleifen. Sie wird vermehrt mit dem Wachsen der Stromstärke; wenn man daher mit einer starken Batterie operirt, sind solche Schleifen natürlich mehr zu fürchten. — Durch eine bedeutende elektrische Spannung sind die inducirten Ströme ausgezeichnet, über deren Entstehung und Natur die Lehrbücher der Physik zu vergleichen sind (vgl. z. B. Müller's Physik, 5. Aufl. II, 371). Da man heut zu Tage bei physiologischen Versuchen sich sehr häufig der Inductionsapparate bedient, so muss man stets darauf bedacht sein, sehr sorgfältig zu isoliren, jede Leitung, z. B. durch Feuchtigkeit, streng zu vermeiden, keine bedeutende Stromstärken anzuwenden, und zu controliren, ob nicht Erscheinungen vorhanden sind, welche darauf deuten, dass der Strom einen andern, als den dazu bestimmten Theil, erreicht hat. Man kann nicht vorsichtig genug sein, wenn man nicht in die grössten Irrthümer verfallen will.

Unipolare Inductionserscheinungen.

878. Bei starken Inductionsströmen ist die Spannung so gross, dass sogar der eine Draht allein an thierische Theile gebracht, Reactionen hervorruft. Man kann sich bei Anwendung des bekannten Inductionsapparates von Dubois-Reymond, welcher mit einem einzigen Daniell'schen Elemente in Verbindung gesetzt ist, leicht von den sog. unipolaren Inductionserscheinungen überzeugen. Bringt man bei übereinander geschobenen Rollen des Apparates einen Draht an einen reizbaren Froschnerven, so zuckt die Muskelpartie, zu der er geht; wird er an die menschliche Haut gehalten, so entsteht Prickeln und selbst heftiger Schmerz. Es sind über diese unipolare Inductionszuckung viele falsche Ansichten verbreitet, welche auf mangelhaften Untersuchungen beruhen. Namentlich ist das von Dubois aufgestellte Grundfactum, welches in den Lehrbüchern der Physiologie wiederholt wird, unrichtig. Hienach soll nämlich nur dann Zuckung am Froschschenkel durch Anlegen eines Polendes eintreten, wenn man den andern Pol zur Erde ableitet oder den Froschschenkel berührt. Ich habe einen Inductionsapparat, der mit einem Daniell-

1) Eckhard, Beitr. zur An. u. Phys. Giessen 1855. Vgl. auch E. Weber, Quaest. de phaen. galvano-magnet. Lips. 1836.

Digitized by Google

schen Elemente in Verbindung stand, in einen von Innen, Aussen, Oben und Unten mit Glastafeln, Wachstaffet und Schellack wohl überzogenen Holzkasten gestellt, an dessen vorderer Wand eine kleine Öffnung war, durch welche ein Draht des Apparates durchging. Um den Draht war die Öffnung sorgfältig durch isolirende Substanzen verstopft. Der Draht wurde nun aus dem Zimmer in ein 60′ entferntes Gartenhäuschen gebracht, in welchem isolirt auf einer Porzellanplatte ein Froschschenkel lag. Sobald der Nerv mit dem Drahtende berührt wurde, zuckte der Schenkel. — Ebenso habe ich noch unipolare Zuckungen entstehen sehen, als ich einen Froschschenkel in einen wohl getrockneten Glascylinder brachte, denselben in einen zweiten steckte, die Öffnung mit Wachstaffet zuband und das eine Ende des Inductionskreises an die äussere Wand des grössern Cylinders brachte. — Unipolare Zuckung entsteht also bei der sorgfältigsten Isolation und ohne dass man den Schenkel zu berühren braucht. — Da schon an und für sich ein beträchtlich starker Inductionsstrom erforderlich ist, um unipolare Wirkungen zu erzeugen, so ergibt es sich für denjenigen, der die Eigenschaften des inducirten Stromes kennt, ganz von selbst, dass eine viel bedeutendere Stromstärke erforderlich ist, um beim Schliessen des primären Kreises, als beim Öffnen desselben Zuckungen zu erzeugen. Man kann sich sehr leicht davon überzeugen. Man verbinde die Drähte (Elektroden) eines Daniell'schen [1]) Elementes mit dem Dubois'schen Apparate, nachdem die eine Rolle ganz weggenommen ist. Dieses ist der primäre Kreis, den man leicht schliessen und öffnen kann. Wenn man die Rolle wieder vorsetzt, so fliesst in dieser Rolle der secundäre Strom, welcher von dem primären erst erregt wird. Bringt man eine mit der inducirten (secundären) Rolle in Verbindung stehende Elektrode an die Haut, während der primäre Kreis geschlossen war, so wird man finden, dass in dem Augenblicke, in welchem der Draht aus dem Näpfchen gehoben wird, ein Prickeln entsteht, nicht aber, wenn man die Kette wieder schliesst. — Während der primäre Kreis nämlich geschlossen wird, entsteht im inducirten ein Strom, welcher dem des primären gerade entgegengesetzt ist. Wird hingegen der primäre Kreis geöffnet, so entsteht in demselben Augenblicke ein Strom, welcher mit dem primären gleich gerichtet ist. — Daher erleidet der inducirte Strom eine Schwächung bei der Schliessung, eine Verstärkung bei der Eröffnung der primären Kette. Wenn daher

1) Ein Daniell'sches Element besteht aus einem Glase, in welchem ein Zinkkolben und ein Kupferblech enthalten ist. Das Zink steht in einem mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 15 Wasser) gefüllten Thoncylinder; das Kupfer ist von einer concentrirten Lösung reinen schwefelsauren Kupfers umgeben.

Digitized by Google

der etwa durch ein Daniell'sches Element erregte inducirte Strom schon starke unipolare Wirkungen bei der Öffnung der Kette zeigt, so braucht man vielleicht zwei oder drei Elemente, um auch Erfolg bei der Schliessung zu sehen. Dadurch, dass Pflüger [1]) die Gesetze des inducirten Stromes unklar waren und er die Entstehung der unipolaren Wirkung nicht kannte, kam er zu der unrichtigen Ansicht, dass nur der Öffnungsschlag, nicht der Schliessungsschlag unipolare Wirkungen ausübe, und wendet gar nicht mehr eine Isolation an, wenn er den Schliessungsinductionsschlag bei seinen Versuchen gebraucht. Er würde nicht zu diesem Irrthume gelangt sein, wenn er einmal eine etwas grössere Zahl von Elementen, etwa anstatt eines drei oder vier versucht hätte.

879. Der unipolare Inductionsstrom bringt nach meinen [2]) Untersuchungen Wirkungen hervor, welche mit denen durch Reibungselektricität entstandenen Ähnlichkeit haben. Dahin gehören die Schwierigkeit der Isolation, ferner dass schon in einer kleinen Entfernung von der Haut gefühlt wird, dass er aus spitzen Enden leichter, als aus runden fliesst, endlich dass er sich stärker bei trockener, als feuchter Haut zeigt. Bringt man daher mit einem Ende des Inductionskreises eine Kugel mit Spitzen in Verbindung, und hält dieselbe an eine Gesichtsstelle, so schmerzt sie schon bei einer Stromstärke, bei welcher eine glatte Kugel kaum gefühlt wird. Ein solcher Draht auf die Zunge gebracht, erregt noch kein Prickeln, wenn er an der trockenen Stirne schon sehr unangenehm wirkt.

880. Die Wirkungen der Elektricität werden sehr dadurch modificirt, dass durch dieselbe zugleich Zersetzungen von Flüssigkeiten entstehen. Man nennt diese Zersetzung durch elektrische Ströme Elektrolyse. Man kann sich davon in organischen Theilen leicht eine Anschauung verschaffen. Wenn man z. B. auf eine Froschlunge (oder auch jeden beliebigen andern Theil) ein schmales Streifchen rothes Lackmuspapier legt und einen elektrischen Strom durchgehen lässt, etwa durch vier bis sechs Daniell'sche Elemente hervorgebracht, so sieht man, dass an der Stelle, an welcher die negative Elektrode (diejenige, welche mit dem Zinkcylinder in Verbindung steht — denn der negative Strom geht vom Kupfer durch die Flüssigkeit in das Zink und von diesem in den Draht) die Lunge und resp. das Lackmusstreifchen berührt, dieses eine deutlich blaue Färbung annimmt, während es da roth bleibt, wo die positive Elektrode liegt. Wechselt man nun die Drähte, so dass jetzt der positive Pol auf dem blauen

Elektrolyse. Polarisation.

1) Pflüger, Elektrotonus. Berlin 1859.
2) Budge in Poggend. Ann. 1859, p. 482.

Digitized by Google

Strich zu liegen kommt, so wird derselbe wieder roth. — Auch ergiesst sich eine Flüssigkeit an beiden Polen, am negativen eine alkalische, am positiven eine saure. Durch den elektrischen Strom werden die Salze zerlegt, das Alkali tritt an die eine, die Säure an die andere Seite. — Auch Wasser wird zerlegt, der negative Sauerstoff tritt an die positive Elektrode, der positive Wasserstoff an die negative. Dadurch entsteht ein neuer Strom und zwar im entgegengesetzten Sinne, den man Polarisationsstrom nennt. Die Elektroden werden daher, wenn sie in Flüssigkeit tauchen, polarisirt.

Mittel, die Anwesenheit elektrischer Ströme zu erkennen. Multiplicator.

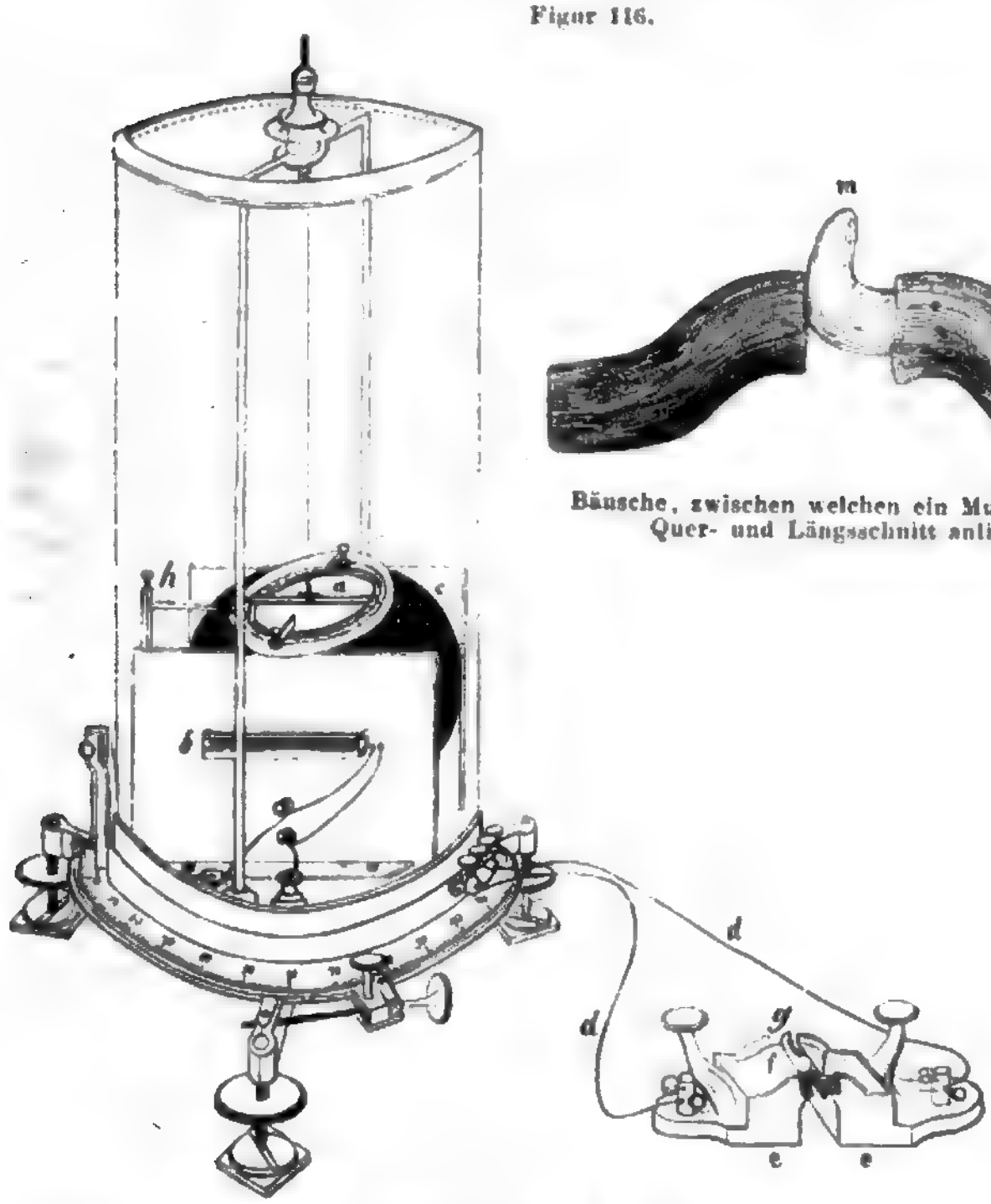
881. Die Anwesenheit galvanischer Ströme lässt sich hauptsächlich auf zwei Wegen erkennen, nämlich durch den Multiplicator und durch den Froschnerven. Bei jenem zeigt die Drehung der Magnetnadel, bei diesem die Zuckung in den vom Nerven versorgten Muskeln an, dass ein Strom vorhanden sei.

Nachdem durch Oersted entdeckt war, dass die Magnetnadel aus ihrem Meridian abgelenkt werde, wenn ein galvanischer Strom an derselben vorbei oder um dieselbe geführt wird, wurde von Poggendorf und Schweigger der Multiplicator construirt. Er hat den Zweck, schwache Ströme bemerkbar zu machen, welcher dadurch erreicht wird, dass eine grosse Anzahl von Drahtwindungen um die Nadel herumgeführt wird. Nobili wandte anstatt einer einfachen Nadel ein astatisches Nadelpaar an und erhöhte dadurch die Empfindlichkeit des Instruments sehr bedeutend. Die beiden Nadeln sind mit einander verbunden und parallel, die obere ist oberhalb des Zifferblatts Fig. 116 sichtbar bei *a*, die untere steht in der Höhe des Spaltes *b*. Der Nordpol der einen ist nach derselben Seite gerichtet, nach welcher der Südpol der andern. Hierdurch wird die richtende Kraft des Erdmagnetismus sehr vermindert und somit die Empfindlichkeit beträchtlich vermehrt. — Man verfertigt jetzt Multiplicatoren von 30000 Windungen. [1]) Diejenigen Windungen, welche der Nadel am Nächsten sind, wirken am Meisten auf dieselbe; mit der Entfernung nimmt der Einfluss ab. Daher kann die Zahl der Windungen nicht fort und fort vermehrt werden und bei 30000 mag die Grenze nahezu erreicht sein. Der Widerstand der elektrischen Strömung wird zwar durch die grosse Drahtmasse sehr gesteigert, aber es kommt dies deshalb weniger in Betracht, weil die organischen Theile, welche zum Versuche dienen, an sich einen ausserordentlich grossen Widerstand setzen, gegen welchen der eines Kupferdrahts trotz seiner Länge und seines Gewichts (etwa 917 Grm.) verschwindend klein ist. — An den Multiplicatoren ist die Einrichtung getroffen, dass man

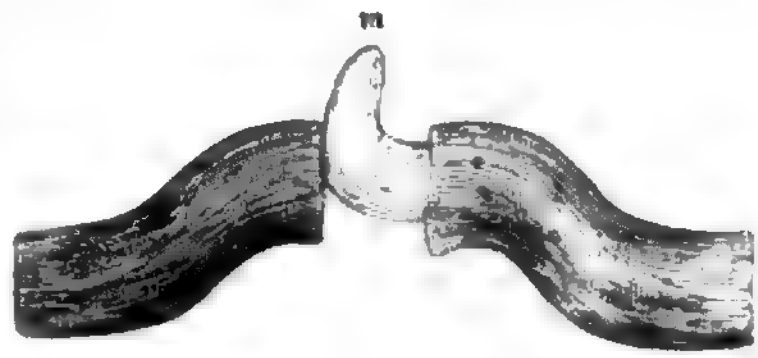
1) Der Preis nebst allem Zubehör stellt sich auf etwa 100 bis 120 Thaler bei Sauerwald in Berlin.

Digitized by Google

Figur 116.



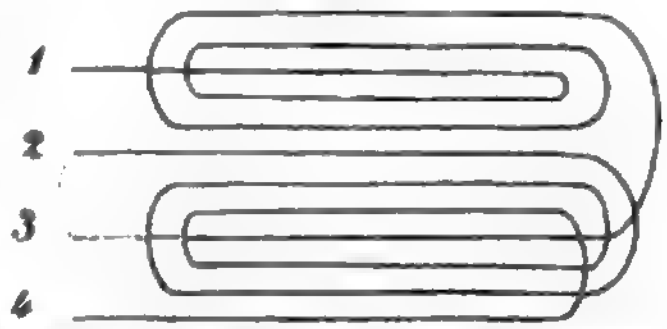
Multiplicator nebst den Zinkgefässen.
a Magnetnadel; *b* Oeffnung, durch welche man die untere astatische Nadel sehen kann; *c* Drahtwindungen; *d* verquickte Zinkdrähte; *e e* Zinkgefässe; *f f* Bäusche; *g* Muskel.



Bäusche, zwischen welchen ein Muskel *m* mit Quer- und Längsschnitt anliegt.

auch die halbe Länge des Drahtes benutzen kann. Aus dem Grunde sind 4 Klemmen angebracht, wenn man, wie durch die schematische Figur 117 angedeutet ist, *2* und *3* mit einem eingesteckten Drahte verbindet und die Elektroden in *1* und *4* bringt, so geht der Strom durch den ganzen Draht; setzt man hingegen die Elektroden in *1* und *3* oder in *2* und *4*, so geht der Strom nur durch die halbe Länge.

Figur 117.



Windungen des Drahtes in dem Multiplicator.

Von grösster Wichtigkeit ist es natürlich, die Gewissheit zu haben, dass der Strom, dessen Anwesenheit die Magnetnadel anzeigt, keinen andern Ursprung hat, als von dem Theile, dessen Elektricität man untersuchen will. Wenn man also die Frage aufwirft, ob in dem

Digitized by Google

Muskel eine elektrische Strömung vorhanden sei, so muss man die Überzeugung gewinnen, dass die Ablenkung der Magnetnadel, welche etwa entsteht, wenn man den besagten Muskel in den Kreis bringt, nur diesem und keiner andern Einwirkung zuzuschreiben ist. Da sich so leicht bei jeder Ungleichartigkeit der Molekularzustände der Körper, so schon bei verschiedener Erwärmung, bei allen chemischen Processen, noch weit mehr bei verschiedenen Metallen u. s. w., Elektricität entwickelt und da die Empfindlichkeit solcher Multiplicatoren eine so sehr bedeutende ist, so muss auf diesen Gegenstand ein besonderes Gewicht gelegt werden. Dubois hat verschiedene Anordnungen ersonnen, um die Gleichartigkeit der Theile herzustellen, welche den Multiplicatorkreis zusammensetzen, aber erst Matteucci [1]) gelang es, Mittel anzugeben, durch welche solche nicht beabsichtigte Elektricitätsquellen so gut wie ganz abgeschnitten sind. Nur wer mit beiden Mitteln Versuche angestellt hat, vermag den grossen Vortheil zu erkennen, der durch Matteucci's Angaben für dieselben erreicht worden ist. — Von Dubois' Vorrichtungen sind nur noch die Bäusche geblieben, welche höchst zweckmässig sind. Sie werden aus Filtrirpapier den Gefässen, in welche sie eingetaucht werden (Fig. 116), anpassend geschnitten, eine beträchtliche Anzahl viereckiger Stücke über einander. Diese Bäusche standen nach Dubois in Porzellangefässen mit Salzwasser, waren, um die organischen Theile vor der Salzeinwirkung einigermassen zu schützen, mit Eiweisshäutchen bedeckt, und wurden durch Platinbleche, welche an dieselben herangedrückt waren, in metallische Verbindung mit den Elektroden gebracht. Es erzeugten sich sehr leicht Ströme in den Platinblechen, sowie zwischen der Salzlösung und den Elektroden, wodurch die Versuche höchst mühselig und zeitraubend, selbst unsicher gemacht wurden. Matteucci fand nun, auf Arbeiten von Regnault sich stützend, dass verquickte [2]) Zinkdrähte, welche in eine concentrirte Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd tauchen, nicht polarisirt werden. — Die Drähte werden an die kleinen Gefässe Fig. 116 angeschraubt,

1) Vgl. Dubois in den Monatsschriften der Berliner Akad. 1859, p. 443.

2) Zum Verquicken des Zinks bedient man sich folgender Flüssigkeit. Man nehme 1¼ Th. Salpetersäure, 3¾ Salzsäure, 1 Quecksilber, erwärme Alles zusammen, bis das Quecksilber sich gelöst hat; dampfe dann langsam ab und löse den Rückstand in 5 Th. Salzsäure. — Soll nun Zinkdraht verquickt werden, so reibe man denselben mit Glaspapier ab, dann tröpfele man auf zusammengelegtes Papier etwas von der angegebenen Flüssigkeit und ziehe den Draht durch das Papier. Da Zinkdraht leicht bricht, so muss man bei der Verquickung, sowie später bei der etwa nothwendigen Biegung mit Vorsicht verfahren. Lange darf der Draht nicht mit der Flüssigkeit in Berührung bleiben und muss nach der Manipulation sogleich mit Wasser abgewaschen werden.

Digitized by Google

welche gleichfalls von Zink, inwendig verquickt, aussen (mit Bernsteinlack und Kienruss) gefirnisst, unten mit Holz belegt sind. [1]) Oder man schraube die Drähte zunächst an eine an das Consol, auf welchem der Multiplicator steht, befestigte Klemme, von welcher andere Drähte zu den Zinkgefässen gehen. Man thut dies deshalb, damit durch Ziehen an den Drähten nicht der Multiplicator umgeworfen wird. Ich finde dies nicht nöthig, da bei einem solchen ungeschickten Zuge die Zinkdrähte viel zu rasch zerbrechen würden. Wenn alles gut hergerichtet ist, so muss man die Gefässe von einander rücken und nähern dürfen, ohne dass die Nadel sich bewegt. Dies ist natürlich eine wesentliche Bedingung zur Anstellung eines richtigen Versuches. Man muss auch während der Versuche öfters diese Prüfung vornehmen. Wenn sich dennoch Ablenkungen zeigen, so muss man die Ursache aufsuchen. Oft ist die Zinklösung an den Bäuschen theilweise verdunstet, diese sind trocken und an manchen Stellen mit Krystallen belegt; oder es sind Luftblasen zwischen den Bäuschen. Man begiesse sie daher von Neuem und drücke alle Luft aus. Es ist sehr zweckmässig, dieselben Bäusche nicht zu lange Zeit zu benutzen, und sie, wenn man anhaltend arbeitet, öfters zu erneuern. — Zwischen den Zinkgefässen darf keine Flüssigkeit sein, damit durch dieselbe eine Verbindung nicht hergestellt werde. Man muss daher sorgfältig zwischen den Gefässen Alles trocken erhalten. Auf die gute Verquickung muss sorgfältig geachtet werden. — Bevor man einen Versuch anstellt, überzeuge man sich, ob kein Draht innerhalb der Klemmen abgebrochen ist, was leicht geschehen kann. Wenn man nun einen Theil auf seinen Strom prüfen will, so schiebt man zwischen die Zinkgefässe einen Träger von Holz oder Glas, dessen Höhe den Bäuschen entspricht. Auf demselben liegt der zu untersuchende Theil, welcher an die Bäusche leicht angedrückt werden kann. — Von diesen Trägern, welche auf Holz- oder Siegellackfüssen stehen, kann man einige von verschiedener Breite sich vorräthig halten. — Noch besser, als diese Methode ist eine andere, welche ich fast durchgängig anwende. Aus einem Stückchen mit destillirtem Wasser durchnässten Filtrirpapiers mache ich zwei kleine Röllchen, stecke das eine Ende eines solchen zwischen die Lagen eines jeden Bausches, lege das andere Ende auf ein kleines vor den Zinkgefässen stehendes Glastischchen. Man kann dadurch sehr genau diejenigen Theile anlegen, welche man beabsichtigt. Auch kommt die Salzlösung nicht gerade unmittelbar an dieselben.

1) Diese Zuleitungsgefässe werden nach Dubois' Vorschrift von Sauerwald in Berlin gefertigt. Preis 5 Thlr.

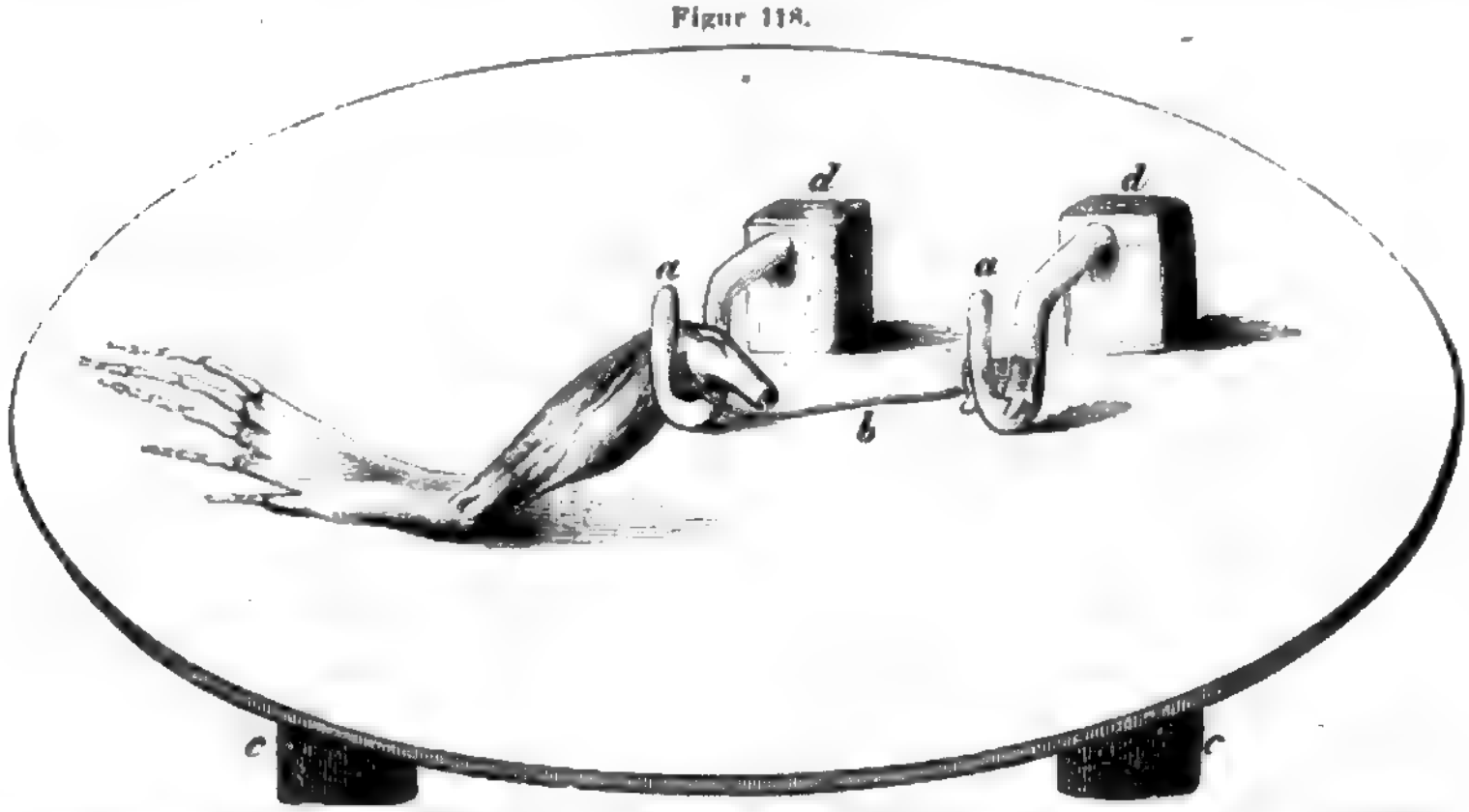
Digitized by Google

Der stromprüfende Froschnerve.

882. Bei der Anwendung des Froschnerven als stromprüfenden Mittels gebraucht man den Schenkel. Bei der Präparation verfährt man auf folgende Weise. Man schneide einem Frosche den Kopf ab, zerstöre sogleich mit einem bereit gehaltenen Stäbchen oder der Branche einer Pincette das ganze Rückenmark, trenne ungefähr am 6. Wirbel den Hintertheil ab, gehe dicht neben dem säbelförmigen Steissbeine, nachdem man hier vorher die Haut aufgeschlitzt hat, ein und schneide diesen Knochen mit einer Scheere quer durch. Sodann lege man den Frosch auf den Rücken, entferne die noch vorhandenen Eingeweide, trenne das Stück der Wirbelsäule in eine rechte und linke Hälfte, exartikulire das Becken und befreie den Hauptstamm des vor Augen liegenden Nerven vollständig von allen anliegenden Theilen, ohne ihn selbst zu berühren. Dann wende man den Schenkel, schneide die Haut der Hinterfläche ein, suche zwischen den Muskeln den Nervenstamm, lege ihn vollständig bloss, ohne ihn zu berühren, schneide endlich oberhalb des Kniegelenks, da, wo er sich in seine zwei Unterschenkelzweige theilt, das Bein durch und ziehe die Haut des Unterschenkels und Fusses ab. Die Muskeln derselben sind nun mit dem kleinen Ende der Wirbelsäule blos durch den Schenkelnerven verbunden. Bei der Präparation muss man sich vor jeder Insultation des Nerven hüten, was bei einiger Übung leicht gelingt.

In dieser Weise einen Schenkel vorzurichten, lehrte zuerst Matteucci, der die Anordnung mit „grenouille galvanoscopique“ bezeichnete; nach Dubois nennt man sie: stromprüfenden Froschschenkel, oder auch kurz: Froschpräparat, galvanisches Präparat. Um dasselbe zum Versuche anzuwenden, verfahre ich auf folgende Weise. Der

Figur 118.



Porzellanplatte mit Siegellackfüssen c, auf welcher zwei hakenförmige Glasstäbchen *a a* mit Siegellackfüssen *d* stehen, um den Froschschenkel und Nerven *b* aufzunehmen.

Digitized by Google

auf seine Elektricität zu prüfende Theil wird auf eine Porzellanplatte (mit Siegellackfüssen) gebracht und zwei kleine Rollen von Filtrirpapier an bestimmte Stellen desselben angelegt. Auf derselben Platte liegt auch der Schenkel. Man sticht ein kleines Glashäkchen in das Wirbelende desselben und schliesst mit dem Nerven die Kette. — Man kann auch den Nerven auf einer Unterlage (Fig. 118) ruhig liegen lassen und mit einem der kleinen Bäusche schliessen.

883. Wenn ein Strom in dem zu prüfenden Theile vorhanden ist, stark genug, den Nerven zu reizen, so entsteht im Augenblicke der Berührung eine Zuckung.

884. Der Froschnerve hat als stromprüfendes Mittel nicht nur den grossen Vortheil der Einfachheit und der Leichtigkeit der Handhabung, sondern man hat auch nicht mit Metallen und Flüssigkeiten zu thun, welche an sich schon leicht elektrische Ströme entwickeln. Hingegen ist man deshalb des Erfolges nicht so sicher, weil die Nervenerregbarkeit des betreffenden Frosches sehr in Betracht kommt. Sie ist oft zu gering, um von den schwachen Strömen afficirt zu werden, sie verschwindet auch nach dem Tode immer mehr und mehr. Einen andern sehr wichtigen Vorzug, ohne den man in der Erkenntniss der elektrischen Ströme lebender Körper nicht tiefer einzudringen vermocht hätte, bietet vor dem Nerven der Multiplicator dadurch, dass man aus der Richtung, in welcher die Nadel abweicht, die Stromesrichtung zu erkennen im Stande ist. — Wie dies geschieht, kann hier nicht weiter erörtert werden, man vgl. die Werke über Physik, z. B. Müller's Lehrb. 5. Aufl. II, 276. Sehr kurz dauernde oder rasch sich verändernde Ströme zeigt der Multiplicator hingegen nicht an, weil er zu träge in seiner Bewegung ist, wohl aber der Froschnerve.

1) Muskelstrom.

885. Die erste Entdeckung eines elektrischen Stromes in dem Froschmuskel machte schon Galvani, welcher Zuckungen entstehen sah, wenn Nerv und Muskel ohne Dazwischenkunft von Metallen sich berührten. Diese sog. Zuckung ohne Metalle wurde besonders genau von Humboldt studirt. Nobili entdeckte im Gesammtfrosche einen durch den Multiplicator erkennbaren Strom. Matteucci hat zuerst das Dasein von einem galvanischen Strome in den einzelnen Muskeln nachgewiesen. Er gab jedoch an, dass er vom Innern des Muskels nach seiner Oberfläche oder nach seiner Sehne gerichtet sei. Dubois hat hingegen nachgewiesen, dass die Ungleichartigkeit nicht zwischen dem Muskelinnern überhaupt und seiner Oberfläche, sondern zwischen dem Querschnitt und Längsschnitt bestehe und dass die Sehne sich wie ein natürlicher Querschnitt verhalte, wie er überhaupt bestimmte

Muskelstrom. Historisches.

Digitized by Google

Gesetze für den Muskelstrom aufstellte und eine grosse Anzahl von Versuchen unter den verschiedensten Modificationen und bei den verschiedensten Thieren anstellte. Auch ist die ganze Literatur in seinem Werke: Untersuchungen über thierische Elektricität. Berlin 1848. 1849. 1860 sorgfältig gesammelt.

Gesetz des Muskelstromes.

886. Dubois unterscheidet starke und schwache Ströme. Jene sind vorhanden zwischen Längs- und Querschnitt, diese zwischen zwei Längs- oder zwischen zwei Querschnitten. Wenn man sich den ganzen Muskel oder nur ein abgeschnittenes Stück in zwei Hälften, eine rechte und eine linke getheilt denkt, so nennt man nach Dubois die genau in der Mitte zwischen den beiden Querschnitten gedachte Linie den Äquator. Liegt der Bausch, welcher den Längsschnitt berührt, gerade auf dem Äquator, und der andere dem Querschnitte an, so entsteht die stärkste Ablenkung. Ebenso sind auch die schwachen Ströme nach dem Verhältnisse der Lage der Bäusche in ihrer Stärke verschieden und können auf Null sinken. Dies wird leichter verständlich, wenn wir die Versuche selbst beschreiben.

Der m. gastrocnemius eines Frosches wird herausgeschnitten. Wir legen einen Bausch auf die Achillessehne, den andern auf die Oberfläche des Muskels, von D. natürlicher Längsschnitt genannt. Die Nadel geht wider die Hemmung, schwankt hin und her und erhält endlich einen constanten Ausschlag und zwar in einer Richtung, dass der Strom von dem Längsschnitt nach der Sehne im Multiplicatordraht, also von der Sehne nach dem Längsschnitt in den Muskel [1]) geht. Wenn man anstatt des Muskels mit den beiden Bäuschen ein sehr abgeschwächtes Daniell'sches Element in Verbindung bringt, so wird man sehen, dass der mit dem Kupferstreifen in Verbindung stehende Draht, durch welchen die positive Elektricität ausströmt, nach derselben Seite die Magnetnadel ablenkt, als es der natürliche Längsschnitt thut.

887. Schneidet man die Achillessehne ab, so dass man den Querschnitt des rothen Fleisches vor sich hat, so geschieht die Ablenkung in demselben Sinne, wie bei der Sehne, d. h. von dem Längsschnitt im Multiplicatordraht nach dem künstlichen Querschnitt. Die constante Ablenkung fällt aber grösser aus.

888. Werden beide Bäusche mit dem natürlichen Längsschnitt verbunden und zwar so, dass jeder gleich weit vom Äquator ent-

1) Wenn der Strom in dem Muskel eine Richtung von der Sehne nach dem Fleisch hat, und wieder in sich zurückkehrt, so muss er natürlich in dem Multiplicatordraht selbst eine Richtung vom Längsschnitte zum Querschnitte haben. Meine neuesten Untersuchungen haben gelehrt, dass das Dubois'sche „Gesetz" vom Muskelstrom viele Unrichtigkeiten in sich schliesst und nicht mehr haltbar ist, worauf ich im 3. Buche zurückkommen werde.

Digitized by Google

fernt ist, so soll sich nach Dubois kein Strom zeigen; rückt man den einen Bausch hingegen weiter vom Äquator weg, als den andern, so entsteht nach demselben Forscher ein schwacher Strom. Dieser ist vom Äquator zu dem dem Querschnitt nähern Punkte gerichtet.

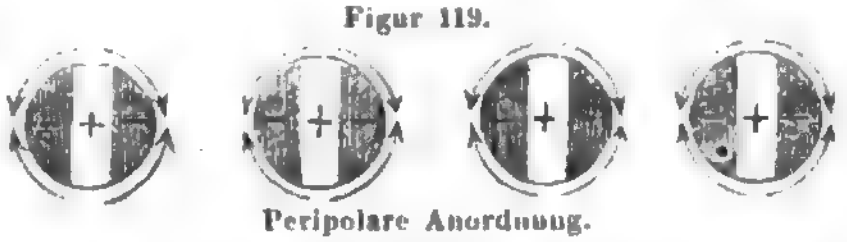
889. Wird der eine Bausch mit der Kopfsehne, der andere mit der Achillessehne verbunden, so entsteht ein Strom, welcher im Muskel von der Achillessehne gegen die Kopfsehne aufsteigt; also im Multiplicatordraht von der Kopfsehne nach der Achillessehne. Schneidet man beide Sehnen ab, so dass man am obern und untern Ende zwei künstliche Querschnitte hat, so findet ein aufsteigender Strom Statt. — Nicht bei allen Muskeln ist jedoch die aufsteigende Richtung vorhanden.

890. Hinsichtlich der Querschnitte unterscheidet Dubois gleichfalls schwache und fehlende Ströme: „Wird ein Punkt eines natürlichen oder künstlichen Querschnittes eines Muskels auf die nämliche Weise in Verbindung gebracht mit einem andern Punkte desselben Querschnitts oder einem Punkte eines andern natürlichen oder künstlichen Querschnittes desselben Muskels, den wir als Cylinder denken wollen und sind beide Punkte von dem Mittelpunkte der Kreise, die die senkrecht auf die Axe des Cylinders gedachten Querschnitte darstellen, ungleich weit entfernt: so zeigt die stromprüfende Vorrichtung einen von dem weiter vom Mittelpunkte entfernten Punkte in dem Bogen zu dem näher gelegenen an. Sie bleibt hingegen in Ruhe, wenn die beiden verbundenen Punkte gleichen Abstand vom Mittelpunkte haben."

891. Auch an einzelnen Muskelfasern lässt sich nach Dubois der Strom zwischen Quer- und Längsschnitt nachweisen, woraus hervorgeht, dass sich die Erscheinung nicht vom Bindegewebe oder den andern im Muskel vorhandenen Geweben ableiten lässt, sondern dem Muskel als solchem zukommt.

892. Wird ein Muskel in mehre Stücke getheilt, so soll nach Dubois jedes Stück dasselbe Gesetz zeigen, wie der ganze Muskel. Er sieht sich deshalb zu der Annahme bewogen, dass in jedem kleinsten Theilchen sich elektromotorische Moleküle befinden, von denen jedes in der Mitte positiv, in der Peripherie negativ sei, also eine positive Äquatorialzone, umgeben von zwei negativen Polarzonen,

Figur 119.



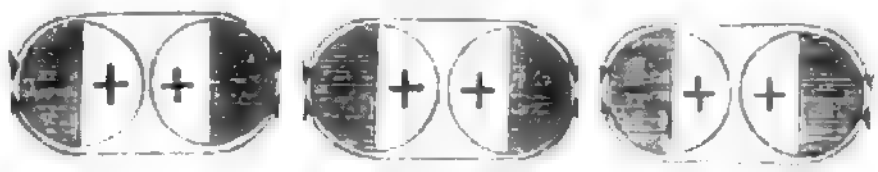
Peripolare Anordnung.

darbiete, s. Fig. 119. Jedes Molekül, welches er peripolär nennt, kehre seine positive Äquatorialzone dem Längsschnitte, seine negativen Polar-

Digitized by Google

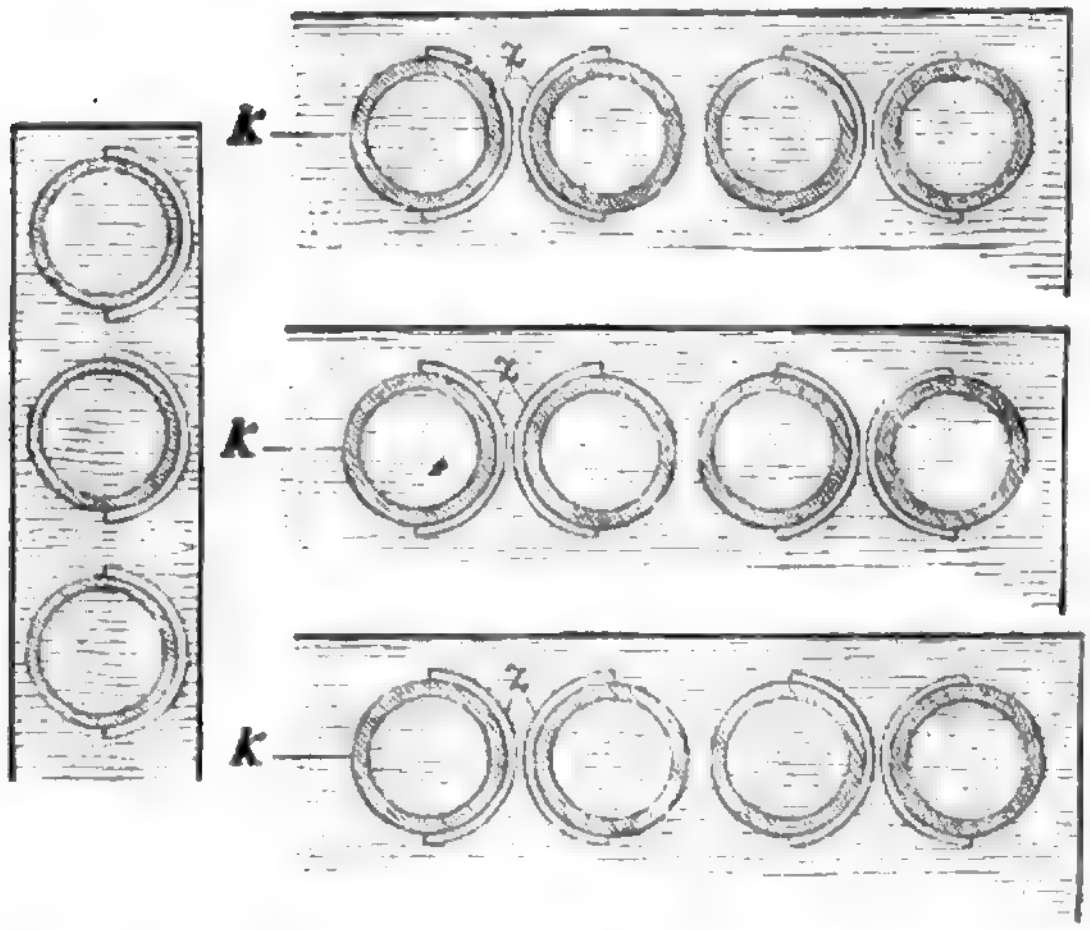
zonen dem Querschnitte zu. Oder man könne auch annehmen, dass ein jedes solches peripolares Molekül zusammengesetzt sei aus zwei dipolaren Molekülen, welche ihre positiven Pole einander zukehren, wie in Fig. 120. Schliesslich hält er (II, 2, p. 93, Taf. V, Fig. 143) die Anordnung für die günstigste, wie sie in Fig. 121 angegeben ist. Er

Figur 120.



Dipolare Moleküle.

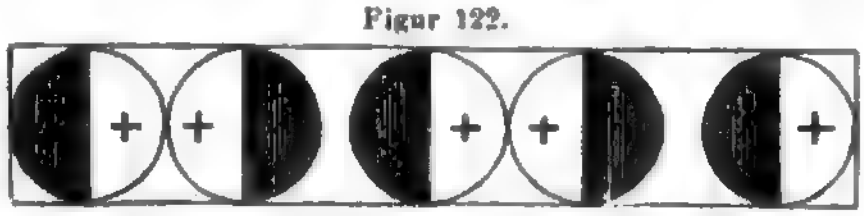
Figur 121.



liess aus Zink und Kupfer solche Vorrichtungen machen, welche grösstentheils Resultate geben, wie sie der Versuch zeigte.

893. Einige Beobachtungen, welche Dubois machte, führte diesen Forscher zu einer Annahme, welche meines Erachtens auf einer sehr unsichern und schwankenden Hypothese beruht. Es soll nämlich am natürlichen Querschnitte des Muskels, d. h. an der Sehne eine dünne Lage Muskelsubstanz vorhanden sein, welche eine der übrigen entgegengesetzte eigene Wirkung haben soll. Es seien hier die Moleküle nämlich so geordnet, dass von den dipolaren die eine Hälfte fehlen soll, wie es Fig. 122 andeutet. Er nennt diese Schicht

Figur 122.



Schema des parelektronomischen Zustandes.

Digitized by Google

parelektronomische und schreibt ihr es zu, dass die Sehne sich schwächer gegen den Längsschnitt verhalte, als der künstliche Querschnitt, dass aber die Stromstärke wachse, wenn man Salz, Säure, Kreosot und andere Mittel an die Sehne bringe und dadurch die parelektronomische Schicht zerstöre. Er erklärt unter Andern damit, dass ein noch mit Haut bedeckter Muskel einen sehr schwachen Strom zeige, welcher nach der Enthäutung des Muskels sogleich zum Vorschein komme; weil der Muskel von der Haut befreit mit dem Salzwasser der Bäusche in Berührung komme und dadurch seinen parelektronomischen Zustand verliere. Da man aber auch ohne Anwendung von Salz dasselbe beobachtet, so kann diese Erklärung nicht richtig sein. Dubois kannte den (unten anzuführenden) Froschhautstrom nicht, weshalb er zu dieser gezwungenen Deutung seine Zuflucht nahm. — Alle Unregelmässigkeiten, welche in der Stromrichtung vorkommen, lassen sich nach D. bequem auf den vorgeblichen parelektronomischen Zustand zurückführen, der allen Muskeln eigen sein soll, nur bald mehr, bald weniger. Ich werde auf diesen Gegenstand im dritten Buche zurückkommen.

894. Der Muskelstrom nimmt unter übrigens gleichen Umständen an Intensität zu, je länger und je dicker das benutzte Stück ist. — Erkältung des Muskels oder gar Frieren hebt den Strom auf, nach dem Aufthauen kommt er zuweilen wieder, aber immer hört er viel früher auf, als ein anderer, der in Zimmerwärme blieb; wovon ich mich durch viele Versuche gleichfalls überzeugt habe. — Warmes Wasser von 50° C., starke elektrische Ströme haben dieselbe vernichtende Wirkung. Nach dem Tode erhält sich der Strom fast ebenso lang, als die Erregbarkeit des Muskels. — Über die verschiedenen Einwirkungen auf den Strom vgl. Dubois' Werk II, 143 fg.; über die Veränderung des Muskelstroms während der Thätigkeit des Muskels s. unten, Buch III.

895. Man kann sich auch des Froschpräparates bedienen, um den Muskelstrom zu zeigen, indem man die Anordnung so trifft, wie oben angegeben. Oft entstehen sehr bedeutende Zuckungen, welche auch hier wie am Multiplicator am Stärksten ausfallen, wenn man den künstlichen Querschnitt (in der Nähe der Achillessehne) mit dem natürlichen Längsschnitt verbindet; schwächer bei zwei Längsschnitten oder zwei künstlichen Querschnitten. Vom unversehrten Muskel erhält man gewöhnlich Zuckungen, wenn man an Sehne und Längsschnitt je ein Papierröllchen anlegt. Bei allen Versuchen muss indess der Frosch reizbar genug sein; bei rana esculenta und im Sommer gelingen deshalb die Versuche besser, als bei r. temporaria und im Winter.

Digitized by Google

2) Nervenstrom.

Durch den Multiplicator nachgewiesen.

896. Der Nervenstrom ist von Dubois-Reymond entdeckt worden. Zu seiner Nachweisung ist ein Multiplicator nothwendig, welcher viel empfindlicher ist, als für den Muskelstrom. Bei dünnen Nerven, wie die des Frosches sind, ist es zweckmässig, den Nerven so in einem Bogen anzulegen, dass zwei Querschnitte an dem einen Bausche anliegen und die Schlinge an dem andern. — Hinsichtlich des Verhaltens zwischen Längs- und Querschnitt, zwischen zwei Längs- und zwei Querschnitten gelten nach Dubois dieselben Regeln, welche er für den Muskelstrom angegeben hat, so dass auch hier starke, schwache und unwirksame Anordnungen vorkommen.

Durch den stromprüfenden Froschschenkel nachgewiesen.

897. Man kann auch durch den stromprüfenden Froschschenkel den Nervenstrom nachweisen. Dubois legt zu dem Zwecke das Froschpräparat so auf die mit Kochsalzlösung durchfeuchtete Bäusche, dass der Querschnitt des Nerven an den einen, der Längsschnitt desselben auf den andern Bausch gelegt wird und der Muskel auf einer Glasplatte ruht. Jeden Bausch deckt an einer kleinen Stelle ein viereckiges Stückchen Blase, welche mit Hühnereiweiss getränkt ist. Sodann brückt er zwischen beide Bäusche einen dritten (Schliessungs-)Bausch, wobei eine Zuckung eintritt, welche sich oft wiederholt, wenn man den Schliessungsbausch wegnimmt.

Da Kochsalz die Nerven sehr stark irritirt, so ziehe ich es vor, um möglichst natürliche Verhältnisse zu haben, den Versuch in ähnlicher Weise, wie am Muskel anzustellen, indem ich nämlich Quer- und Längsschnitt eines frischen, abgeschnittenen Nerven mit dem Nerven eines Froschpräparats durch zwei Papierröllchen verbinde. In unsern Gegenden gelingt es jedoch nicht wohl, mit einem Froschnerven ein Resultat zu erzielen, wie auch wirklich ein solcher Versuch Humboldt und Dubois (Unters. II, p. 272) niemals ein günstiges Resultat geliefert hat. Deshalb habe ich eine ganze Zahl Nervenstücke aus frischen Fröschen genommen und sehr kräftige Wirkungen, selbst Tetanus gesehen. — Die Reaction fällt immer geringer aus und fehlt oft ganz, wenn zwei Längsschnitte, noch mehr, wenn zwei Querschnitte mit einander in leitende Verbindung gesetzt werden, als wenn durch Quer- und Längsschnitt die Kette geschlossen wird.

3) Hautstrom.

Nachweisung des Hautstromes durch den Multiplicator.

898. Dubois [1]) hatte zwar bei Auflegen der Haut auf die Bäusche Abweichungen der Magnetnadel beobachtet, aber er konnte so wenig

1) Dubois, Unters. II. 1. p. 202; II. 2. p. 9 u. 21.

Digitized by Google

Regelmässigkeit dabei entdecken, dass er die Hautströme gar nicht mit denen der Muskeln und Nerven in eine Linie stellen zu können glaubte, vielmehr die Ströme von zufälligen Nebenumständen herleitete. Meine Untersuchungen haben jedoch zur Gewissheit gebracht, dass in der Haut ein ebenso gesetzmässiger, ja noch viel weniger Veränderungen unterworfener Strom vorhanden ist, als in den Muskeln, der wieder höchst auffallende Abweichungen von dem Muskel- und dem Nervenstrome zeigt. Um ihn nachzuweisen, trennt man einen Hautlappen von einem frischgetödteten Frosche, legt ihn mit seiner äussern Oberfläche auf Fliesspapier, damit seine Feuchtigkeit dadurch zum Theil aufgesogen wird, und er sich leichter rollen lässt, schneidet dann ein Quadrat mit scharfen Ecken daraus und wickelt dasselbe zu einem Röllchen zusammen, an welchem der Querschnitt recht gleichmässig erscheint und welches die äussere Oberfläche der Haut nach Aussen kehrt. Legt man ein solches Röllchen auf die Bäusche, dass der Querschnitt den einen Bausch berührt, die äussere Oberfläche, welche ich der Kürze wegen Längsschnitt nennen will, den andern, so erfolgt sogleich eine starke Ablenkung und ein constanter Ausschlag. Hat die Hautrolle dieselbe Länge und Dicke wie ein Muskel, so ist der Ausschlag häufig bei reizbaren Fröschen und im Sommer noch grösser, als bei letzterem. Die Richtung des Stromes ist aber nicht wie bei dem Muskel und Nerven vom Längsschnitt im Multiplicatordraht nach dem Querschnitt, sondern vom Querschnitt nach dem Längsschnitt gerichtet. Legt man daher einen Muskelquerschnitt und einen Hautrollenquerschnitt neben einander auf die Bäusche, so kommt entweder die Nadel auf 0, oder der Ausschlag wird bedeutend kleiner, als wenn man nur Haut allein oder Muskel allein aufgelegt hat. — War ein constanter Ausschlag durch die Hautrolle hervorgebracht und also die Nadel ganz in Ruhe, z. B. nach Osten hin gerichtet, und man legt nun in demselben Sinne einen Muskel auf, so wendet sich im Momente die Nadel nach der entgegengesetzten Richtung. Stets fand ich, dass die Ströme zwischen zwei Längsschnitten, sowie zwischen zwei Querschnitten schwächer waren, als zwischen Längs- und Querschnitt. — Selbst wenn der erste Ausschlag bei zwei Querschnitten sehr gross ausfiel, so war doch in der Regel die constante Ablenkung gering, ganz besonders wenn die Hautrolle nicht mehr ganz frisch war. Bei zwei Längsschnitten zeigt sich, dass die Wirkung auf die Magnetnadel um so geringer war, je entfernter beide Bäusche vom Querschnitt liegen. Wenn ein Bausch nahe dem Querschnitt liegt und der andere entfernt davon, so geht der Strom von dem dem Querschnitte nahen Punkte zu dem davon entfernten. Ich habe in meiner Abhandlung (Pogg. Ann. 1860, p. 537) diese Erscheinung mit der Entfernung vom

Digitized by Google

Äquator jedoch mit Unrecht in Zusammenhang gebracht, analog den Angaben von Dubois hinsichtlich des Muskelstroms, denen ich mehr Vertrauen schenkte, als sie verdienen.

Nachweisung des Hautstromes durch den stromprüfenden Froschschenkel.

899. Sehr interessant ist der Nachweis des Hautstromes durch den Schenkelnerven, welchen ich gleichfalls geführt habe. Wenn der Frosch hinlänglich reizbar ist, so kann man nach Belieben viele Male hinter einander den Versuch anstellen, ohne dass er einmal versagt. Man legt, wie oben erwähnt, ein Papierbäuschchen an den Querschnitt und das andere auf die Oberfläche der Hautrolle. Sobald man mit dem Nerven die Kette schliesst, entsteht Zuckung, die sich oft auch beim Öffnen der Kette wiederholt. Nicht selten habe ich auf diese Weise einen anhaltenden Tetanus erzeugt. Rückt man nun den Bausch, der an dem Querschnitt gelegen hatte, auch auf die Oberfläche, auf welcher nun beide liegen, so ist die Zuckung entweder viel geringer oder fehlt ganz; ebenso wenn durch die beiden Querschnitte die Kette geschlossen wird.

Die übrigen Körpertheile, ausser Muskel, Nerv und Haut zeigen nur Spuren galvanischer Ströme.

E. Wärme.

Körpertemperatur.

900. Bei allen warmblütigen Thieren bleibt die Körperwärme nahezu auf derselben Höhe und ist nur innerhalb ziemlich enger Grenzen gewissen Schwankungen unterworfen. Wenn man bei einem gesunden Menschen in die Achselhöhle, Mundhöhle, Kniekehle, den After ein Thermometer bringt, so steigt dasselbe auf 35—37½° C. (28—30° R. 95—99½° F.).

Allgemeine Bedingungen des Gleichbleibens der Körperwärme.

901. Ein solches Gleichbleiben der Wärme heisst aber nichts Anderes, als dass der Körper eine genau bestimmte Quantität derselben behält, nicht mehr und nicht weniger, als jenes angegebene Mass beträgt. Die Quantität der Wärme ist aber das Product des Gewinnes und Verlustes derselben. Die Wärmequellen zu erforschen, wird also eben so nothwendig sein, als die Wege kennen zu lernen, auf welchen die erzeugte Wärme den Körper verlassen kann. Die Erscheinung, dass die Quantität der Wärme sich vermindern kann, hängt mit einer wichtigen Eigenschaft derselben zusammen, nämlich damit, dass sie sich ausbreitet, fortgeleitet wird. Die Leitungsfähigkeit der Wärme ist aber nicht nur Veranlassung, dass der Körper abgekühlt wird, sondern dass sie auch nicht an der Stelle bleibt, an der sie entsteht, und andern Organen sich mittheilt.

902. Die eben genannten Factoren der Wärmequantität, ihre Erzeugung und ihr Verlust, müssen in einem genauen Verhältnisse stehen, wenn die Temperatur constant bleiben soll. Wird viel Wärme entzogen, so muss viel erzeugt werden; wenn zu viel gebildet wird,

Digitized by Google

muss mehr entweichen. Damit dies aber geschehen könne, muss ein Regulator im Körper sein, durch den das Gleichgewicht beständig hergestellt wird.

Eintheilung der Wärmelehre.

903. Somit wird also die Lehre von der Wärme von drei Gesichtspunkten aus aufgestellt werden müssen, indem nämlich 1) von den Quellen der Wärme, 2) von ihrer Verbreitung und 3) von den Vorrichtungen zu ihrer Regulirung zu handeln ist. Vorher müssen wir aber die Mittel kennen lernen, um die Wärmemenge zu messen.

Bestimmung der Körperwärme.

904. Die Körperwärme wird objectiv entweder durch das Thermometer oder durch thermoelektrische Apparate, subjectiv durch das Gefühl bestimmt. Die Thermometer müssen von besonderer Empfindlichkeit und jeder Grad muss wieder in $^1/_5$ oder $^1/_{10}$ abgetheilt sein, wie sie unter Andern von Geisler in Bonn in vorzüglicher Güte gefertigt werden. Auch kommt es bei vielen physiologischen Untersuchungen darauf an, dass das Instrument sehr geringen Durchmesser hat. Walferdin in Paris hat auf eine sinnreiche Weise eigenthümliche Thermometer zu diesem Zwecke angegeben. — Die thermoelektrischen Apparate beruhen darauf, dass eine ungleiche Erwärmung zweier an einander gelötheter Metalle einen Strom erzeugt, welcher im Multiplicator durch eine Abweichung der Magnetnadel sich der Art kund gibt, dass er von der mehr erwärmten Stelle zu der weniger erwärmten geht. Zu physiologischen Zwecken hat Becquerel [1]) zuerst sich dieser Methode bedient. Man gebraucht dazu zwei Nadeln, von denen eine jede aus einer eisernen und kupfernen besteht, welche zusammengelöthet sind. Die beiden Nadeln sind an ihrem eisernen Ende durch Eisendraht mit einander verbunden, mit jedem kupfernen Ende communicirt ein Kupferdraht, welcher mit einem Multiplicator in Verbindung gesetzt werden kann. Solange die beiden Metallnadeln gleich warm sind, bleibt die Magnetnadel ruhig, ändert sich aber die Temperatur, so entsteht eine Ablenkung. Sticht man nun eine Metallnadel durch einen Muskel, z. B. den biceps brachii, was ohne beträchtliches Schmerzgefühl geschehen kann, bringt dann die andere in die Mundhöhle und bewegt den Muskel, so kann man sehen, ob durch Bewegung die Wärme sich steigert. Denn wenn dies der Fall ist, so wird sich die Nadel augenblicklich wenden, sobald der Muskel aus dem Ruhestande in den der Contraction übergeht, — was in der That Becquerel beobachtete. — Man muss bei einem solchen Versuche ein kleines Thermometer zugleich im Munde halten, um sich zu überzeugen, dass die Temperatur ungeändert bleibt. — Thermoelektrische Ströme können mit Vortheil angewandt werden, wo es darauf ankommt,

1) Becquerel, Ann. des sc. nat. 1835 u. 1836. Traité de phys. II, 51.

Digitized by Google

vergleichende Messungen zwischen zwei Körpertheilen anzustellen, und zeigen sehr feine Unterschiede an.

Durch das Gefühl kann man zwar auch sehr feine Temperaturveränderungen an seinem eigenen Körper wahrnehmen und noch rascher als mit Hülfe der Magnetnadel. Aber es kommt dabei in Betracht, dass erstens das Gefühl in den innern Theilen unsicher ist und hauptsächlich auf die Haut sich beschränkt, und dass zweitens ähnliche Gefühle auch durch andere Einwirkungen als die Kälte hervorgebracht werden können.

Wärmeeinheit.

905. Die Menge von Wärme, welche gemessen wird, steht natürlich im Verhältnisse zu den Ursachen, welche sie hervorbringen. Man kann also die wärmeerzeugenden Bedingungen, wenn dieselben durch einen wägbaren oder messbaren Körper veranlasst werden, mit den Wirkungen vergleichen, welche an der Quecksilbersäule des Thermometer sichtbar sind. Wird z. B. das Thermometer in 1 Grm. Wasser von + 1° C. gestellt und das Wasser so erwärmt, dass es um 1° steigt, so ist zwischen der Menge des Brennmaterials, welches dazu gebraucht worden ist, und der Erhebung der Quecksilbersäule ein Zusammenhang vorhanden. Die Menge von Wärme, durch welche die Temperatur von 1° Wasser um 1° C. erhöht wird, nennt man Wärmeeinheit. Wenn nun nach Favre und Silbermann 1 Grm. Kohle im Stande ist, bei der Verbrennung 8080 Grm. Wasser um 1° C. zu erhöhen, so sagt man, dass die Kohle 8080 Wärmeeinheiten entwickelt. — Auf diese Weise ist ein leicht verständlicher Ausdruck zur Bezeichnung der Verbrennungswärme gegeben.

a) Entstehung der Wärme.

Wärme eine Bewegung.

906. Die neuere Physik hat festgestellt, dass die Wärme eine molekulare Bewegung ist, welche wahrscheinlich auch durch eigenthümliche Schwingungen des überall im Weltall verbreiteten Äthers entsteht. Diese Bewegung wird nicht nur von den Gefühlsnerven des Körpers wahrgenommen, sondern sie überträgt sich auch den Molekülen aller Stoffe, und erzeugt dadurch alle die Veränderungen, welche als Wirkungen der Wärme bekannt sind. Durch die Forschungen von Mayer, Joule u. A. ist es erwiesen, dass Massenbewegungen, durch welche mechanische Arbeit hervorgebracht wird, in die molekulare Bewegung der Wärme umgesetzt werden kann und umgekehrt, sowie auch andere molekulare Bewegungen, wie die Elektricität wiederum in Wärme sich zu verwandeln vermögen.

Wärme durch chemische Processe. Verbrennung.

907. Ganz besonders wird Wärme überall erzeugt, wo chemische Verbindungen von Statten gehen, welche gleichfalls als molekulare Bewegungen aufgefasst werden können. Diese Bewegungen theilen sich den Ätheratomen mit und dadurch bildet sich Wärme. Vor

Digitized by Google

Allem aber ist die Verbindung des Sauerstoffs mit andern Elementen, die Verbrennung, die reichste Quelle der Wärmeerzeugung; sie ist es auch für den thierischen Leib. Von der grössten Wichtigkeit ist die Verbindung von O mit C und mit H, wodurch, wie es scheint, am Meisten Wärme entsteht. Nichtsdestoweniger ist man nicht berechtigt, zu schliessen, dass alle Wärme des Körpers in dieser Weise sich bildet. Man kann auch nicht von vornherein der Vorstellung Raum geben, als ob im Körper soviel Wärme und nur soviel sich erzeugte, als wäre alles C und H im freien Zustande mit O verbrannt worden. Denn es ist möglich, dass während der Spaltungen, welche die zusammengesetzten Stoffe des Körpers erfahren können, Veränderungen in der Wärmebewegung erfolgen, obwohl sie noch nicht genau bekannt sind.

Indess scheint im Thierkörper der grösste Theil von Wärme dadurch entstanden zu sein, dass O frei mit C und H verbrannt wird, wie aus den Versuchen von Dulong und Despretz hervorgeht.

Einfluss des Athmens auf Wärmeerzeugung.

908. Die Wärmebildung ist demnach von der Zuführung des O, und mithin von den Athembewegungen wesentlich abhängig. Alle Veranlassungen, welche die Athemfrequenz vermehren (s. p. 94), erhöhen auch die Wärme, und umgekehrt. Freilich muss auch Brennmaterial vorhanden sein und die Darreichung von Nahrungsmitteln, welche jenes zunächst liefert, kommt daher sehr in Betracht. Aber man muss bedenken, dass die Körperorgane selbst aus solchem Material bestehen, und also vom O angegriffen werden können. Deshalb hört die Wärmebildung auch bei Nahrungsentziehung nicht auf.

909. Wenn das Athmen in der Weise behindert ist, dass eine geringere Menge von O zum Blute gelangen kann, so nimmt die Wärme ab. Durch Überstreichung der Haut mit einem dichten Firniss vermindert sich alsbald die Zahl der Athemzüge. Breschet und Becquerel [1]) sahen bei Kaninchen, welche so behandelt waren, die Wärme bedeutend, bis 10° C., sinken. — Durchschneidung der n. vagi macht das Athmen ausserordentlich selten; die Temperatur nimmt beträchtlich ab, oft nach kurzer Zeit um ½—2° (Cooper, Chossat, Valentin u. A.). [2])

Blutkörperchen als Wärmeträger.

910. Da das Athmen als solches nicht die Wirkung auf die Wärme hervorbringt, sondern der Zufluss des O zu den Körpertheilen, so folgt nothwendig, dass alle Ursachen, welche die Aufnahme des O ins Blut hindern, auch die Wärme herabsetzen. Eine Verminderung der Blutkörperchen, welche Träger des O sind, muss daher auch die Körpertemperatur erniedrigen. Dies beobachtet man bei der

1) Breschet und Becquerel in Ann. des sc. nat. 1834, III, 260.
2) Vgl. Valentin, Einfl. der Vaguslähmung. Frankf. a. M. 1857, p. 122.

Digitized by Google

Bleichsucht. Bei der Cholera, bei welcher durch die vielen wässerigen Entleerungen und die dadurch entstehende Einwirkung des Blutes die Blutcirkulation so sehr gehindert ist, hat man sie bis 24° C. fallen sehen, vgl. Bärensprung, l. c. Hingegen sinkt nach einem einmaligen starken Aderlasse nicht immer die Körperwärme, weil die Zahl der Athemzüge sich häufig vermehrt. Nach vollbrachtem Aderlasse hingegen sahen Hall [1]) und Bärensprung [2]) eine Abnahme der Eigenwärme.

911. Im Winterschlafe sinkt die Eigenwärme beträchtlich, mit der Abnahme des Athemholens und der Herzschläge. — Die Winterschläfer haben eine Temperatur, welche von derjenigen der umgebenden Atmosphäre nur wenig verschieden ist. So z. B. sank die Wärme beim Murmelthiere von 30 auf 4, beim Igel von 28 auf 4, u. s. w. (Saissy).

912. Der Sauerstoff kann möglicher Weise schon während seines Aufenthaltes in den Gefässen Verbrennungen hervorbringen. Die wichtigsten Stellen scheinen aber die Umgebungen der Capillargefässe zu sein. Durch deren Wandungen kann O durchdringen, auf die in der Tränkungsflüssigkeit enthaltenen Substanzen zersetzend wirken und Verbindungen von CO^2 und H bilden.

Wärme während des Hungerns.

913. Beim Hungern wird der Körper täglich leichter, es braucht mithin eine immer abnehmende Masse erwärmt zu werden; eine geringere Menge von O ist erforderlich. Die abnehmende Kraft der Athemorgane steht im Verhältniss zu dem verminderten Bedürfnisse des O. Der Sauerstoff greift die Körpertheile selbst an, um die Verbrennung in ihnen einzuleiten. Erst in der letzten Zeit vor dem Hungertode sinkt die Wärme. Chossat [3]) machte folgende Beobachtungen:

Bei einer Taube war

			Mittags:	um Mitternacht:
im ersten	Drittheil	die Wärme:	42°,1	39°,8
„ zweiten	der Ver-		41°,9	38°,7
„ dritten	suchszeit		41°,4	37°,3

	Bei einer Taube:	Bei einem Kaninchen:
am 1. Hungertage	41°,7	38°,4
3 Tage vor dem Tode	39°,8	38°,1
2 „ „ „ „	38°,9	37°,5
am Todestage	26°,2	27°,5

1) M. Hall, On the effects of loss of blood. Lond. 1830.

2) v. Bärensprung in Müller's Archiv 1851, p. 168.

3) Chossat, Rech. expér. sur l'inanit. Par. 1843; auch in den Ann. des sc. nat. abgedruckt.

Digitized by Google

914. Wenn aber auch eine beträchtliche Wärmeabnahme nicht eher eintritt, bis die Widerstandsfähigkeit der Centralorgane gänzlich erschöpft zu werden anfängt, so erfolgt doch schon geringes Sinken, sobald der Sauerstoff weniger Verbrennungsmaterial vorfindet, als dies der vollen Lebensenergie entspricht. Lichtenfels und Fröhlich [1]) geben das Mittel der Temperatur bei gewöhnlicher Nahrung auf 37°,17 C. an, an Tagen, in denen sie hungerten 36°,60. — Auch durch das Gefühl gibt sich kund, dass bei Nahrungsmangel Empfindung von Kälte und Schauder sich leichter einstellen, als zur Zeit der Assimilation. Man friert leichter vor, als nach Tisch.

Lokale Wärmezunahme in den Lebervenen.

915. An solchen Körperstellen, an welchen chemische Verbindungen lebhafter, als an andern Stellen von Statten gehen, wird sich daher auch mehr Wärme entwickeln. Dazu gehört unter andern die Leber. Arnold [2]) sah bei einem Hunde mit Gallenfistel die Temperatur im rectum steigen, wenn die Gallensecretion zunahm. Zur Zuckerbildung in der Leber trägt wahrscheinlich das Fett einen grossen Theil bei. Da Fett viel weniger O als Zucker enthält, s. p. 138, so müssen nothwendig Verbrennungen erfolgen, wobei Wärme frei wird. Das Blut in den venae hepaticae fand Bernard [3]) höher (in manchen Fällen mehr als 1° C.) als das der vena portarum und der aorta. Auch das Blut der vena portarum und der v. renales zeigte sich häufig wärmer, als das der aorta. Letzteres erklärt sich dadurch, dass im Darmcanale selbst viel CO^2 sich entwickelt, s. p. 164 und 206, sowie durch die Wärme in Secretionsorganen. (In den Hautvenen hingegen des Halses und der Extremitäten ist das Venenblut kälter, als das der Arterien.)

Wärme im rechten und linken Herzen.

916. Da durch die Leber und Nieren wärmeres Blut in die v. cava inferior und das rechte atrium gelangt, so wird man auch im rechten Herzen eine höhere Temperatur, als im linken finden. Während man früher gerade das Gegentheil behauptete, wurde in neuerer Zeit durch G. v. Liebig [4]) und Bernard [5]) die Beobachtung gemacht. Der Unterschied beträgt jedoch nicht viel. Bei Versuchen, welche Wurlitzer [6]) im hiesigen physiologischen Institute anstellte, habe ich mich gleichfalls davon überzeugt.

1) Lichtenfels und Fröhlich in d. Denkschr. der Wiener Akad. III.

2) Arnold, Physiol. Anstalt in Heidelb., p. 97.

3) Bernard in Leçons de phys. exp. I, 199; C. r. 1856, II. 43, p. 329.

4) G. v. Liebig, Über d. Temperaturuntersch. des venösen und arteriellen Blutes. Giessen 1853.

5) Bernard, C. r. 1856, XLIII, 331 u. 561, und Leçons sur les propriétés phys. des liqu. de l'organ. Par. 1858.

6) Wurlitzer, De temper. sang. art. et ven. Gryph. 1858.

Digitized by Google

Berechnung der Wärmemenge durch Verbrennung von C und H mit Sauerstoff.

917. Dulong [1]) und Despretz [2]) haben durch genaue Versuche an Thieren festzustellen gesucht, ob durch die Verbrennung des durch die Nahrung in den Körper gebrachten Wasserstoffs und Kohlenstoffs so viel Wärme erzeugt wird, um die beständige Temperatur von 37° C. zu erhalten. Sie fanden, dass durch die Verbrennung nur $^9/_{10}$, selbst nur $^7/_{10}$ und bei fleischfressenden Thieren sogar nur die Hälfte der Wärme erzeugt werden könne, welche sich im Körper vorfände. Bei diesen Untersuchungen wurden jedoch die Zahlen benutzt, welche frühere Forscher für die Wärmemenge berechneten, die bei der Verbrennung des Wasserstoffs (H) und Kohlenstoffs (C) entsteht. Nach Lavoisier und Laplace werden, wenn sich 1 Grm. Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser verbindet, dadurch 21375 Grm. Wasser um 1° C. erwärmt. Spätere Forscher fanden jedoch dabei grössere Wärmeeinheiten, Hess 34743—34792, Grassi 34666, Favre und Silbermann 34462, Andrews 33808. — Bei Verbrennung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff fanden Dulong 7288—7858 Wärmeeinheiten, Despretz 7875—7912, Liebig hingegen berechnete 8558, Favre und Silbermann (für Holzkohle) 8080, Andrews 7678 bis 7881, Grassi 7714. Legt man nun diese durch sehr genaue Versuche gewonnenen Wärmeeinheiten zu Grunde, so ergibt sich im Mittel aus 16 Versuchen von Dulong, dass durch Verbrennung von C und H der Nahrung 90,6% der wirklichen Wärme erhalten werden kann, nach Despretz 92,3%, wie Gavarret [3]) zusammengestellt hat.

Wärme durch Muskelcontraction.

918. Bei der Contraction der Muskeln entwickelt sich gleichfalls Wärme. Dies ist sowohl bei willkürlichen Bewegungen der Rumpfmuskeln, als bei den unwillkürlichen der Fall. Während der Wehen fand Bärensprung (l. c.) die vagina wärmer, als vor dem Beginn derselben. — Bei Contraction des m. biceps sahen Becquerel und Breschet (l. c.) eine Temperaturerhöhung von $^1/_2$—1° C. — Ziemssen [4]) beobachtete, wenn er die Haut, unter welcher ein Bewegungsnerve liegt, galvanisirte, dass in den sich contrahirenden Muskeln und mittelbar in der darüber liegenden Haut die Temperatur in der ersten Minute der Contraction um 0°,1—0°,5 C. fällt, dann aber bei fortgesetzter Contraction beträchtlich steigt. — Davy [5]) hat Versuche

---

1) Dulong in Ann. de chim. et phys. 3. Sér. I, 440.
2) Despretz, ibid. 2. Sér. XXVI, 337.
3) Gavarret, Phys. médic. Par. 1855, p. 221.
4) Ziemssen, Elektric. in der Medicin. Berl. 1857, p. 26.
5) Davy in Ann. de chim. et phys. 3. Sér. XIII, 185. — Vgl. auch Newport in Phil. Transact. 1837. — Dutrochet in Ann. d'hist. nat. 3. Sér. Zool. XIII, 5. — Gavarret, Phys. méd. p. 373.

Digitized by Google

über Wärmeveränderung nach starken Märschen angestellt. Vorher

war die Temperatur	nach dem Marsche
der Füsse . . . . 21°,4	36°,2
der Hände . . . . 27°,2	35°,8
unter der Zunge 36°,7	37°,7
des Urins . . . . 37°,8	38°,3

Jedoch kann man bei lebenden warmblütigen Thieren diese Wärme auch von dem während der Bewegung reichlicher zufliessenden Blute ableiten. Hingegen sahen Matteucci nach Unterbindungen der Arterien, Helmholtz [1]) an Froschmuskeln bei der Contraction Wärme entstehen; so z. B. fand der Letztere, der thermoelektrische Apparate von Eisen und Neusilberblech anwandte und aus deren Wirkung auf das Galvanometer die Wärmeerhöhung berechnete, eine Vermehrung von 0°,14—0°,18 C. Dabei bleibt freilich immerhin unentschieden, ob in der Contraction selbst, oder in der sich aus den Muskeln entwickelnden Kohlensäure die Quelle der Wärme zu suchen sei.

Wärme bei Absonderungen.

919. Bei der Absonderung entsteht gleichfalls Wärme. So beobachtete Ludwig, [2]) dass nach Reizung des n. lingualis der aus der Unterkieferdrüse fliessende Speichel bis 1°,5 C. wärmer, als das Blut der carotis war. — Schon oben wurde erwähnt, dass das Leber- und Nierenvenenblut eine höhere Temperatur hat, als das entsprechende arterielle, was wahrscheinlich dieselbe Ursache hat.

Wärme durch den Uebergang von flüssigen zu festen Theilen.

920. Während aus dem flüssigen Blute feste Organe werden, wird zwar auch Wärme frei, aber diese Quelle kann nicht in Betracht kommen, da gleichzeitig feste Substanzen flüssig werden.

Wärme durch Wirkung des Nervensystems.

921. Alle Erscheinungen, welche unzweifelhaft darthun, dass Veränderungen im Zustande der Nerven auch auf die thierische Wärme einwirken, können theils auf die Bewegungen der Muskeln bezogen werden, theils auf die Störungen, welche Nervenaffectionen auf die Blutströmung hervorbringen, und man kann daher immerhin einen directen Einfluss des Nervensystems auf Wärmeerzeugung noch nicht stricte beweisen, sondern höchstens für wahrscheinlich halten. Es verdienen Erwähnung: die Wärmeabnahme nach der Durchschneidung der n. vagi, sowie die nach der Durchschneidung einzelner Nerven an den betroffenen Theilen, oder bei Lähmungen (Earle). Durch Reizung des Rückenmarks vermehrt sich bei Fröschen die Wärme nicht (Helmholtz), das Gehirn hat keine grössere Eigenwärme, als die Brusteingeweide haben.

Indess scheinen einige Versuche die directe Einwirkung des Gehirns und Rückenmarks auf die Entstehung der Wärme zu zeigen.

1) Helmholtz in Müller's Archiv 1848.
2) Ludwig und Spiess in Wiener akad. Sitzungsber. 1860.

Digitized by Google

a) Um zu beweisen, dass das Athmen und also der Zutritt des Sauerstoffs in die Lungen die Wärmeerzeugung nicht bedinge, unterband Brodie bei Säugethieren die Halsgefässe, schnitt sodann den Kopf ab, blies Luft ein und bemerkte, dass dadurch das arterielle Blut hell wurde, dass selbst eine beträchtliche Menge Kohlensäure sich ausschied, dass jedoch die Wärme noch rascher abnahm, als bei einem getödteten Thiere, dem man keine Luft eingeblasen hatte, was auch Andere, wenigstens zum Theil (Legallois, Krimer, Emmert), bestätigen. b) Brodie vergiftete Kaninchen und beobachtete, dass mit der sinkenden Empfindung auch die Wärme abnahm und, als jene zurückkehrte, sich wieder vermehrte. c) Chossat schnitt das Gehirn vor der Brücke quer durch, das Athmen dauerte fort, aber die Wärme sank. Je höher er ferner das Rückenmark durchschnitt, desto mehr nahm die Wärme ab, so bei einer Durchschneidung unter dem siebenten Halswirbel nach drei Stunden um 6°,5, unter dem ersten Brustwirbel um 5°,8, unter dem letzten Brustwirbel um 0°,4 R. — Die Beweiskraft dieser Versuche wird aber durch folgende Umstände sehr geschwächt: a) bei unverletzten Thieren, bei welchen man das künstliche Athmen durch Lufteinblasen anwendet, nimmt schon die Wärme ab (Williams). Das künstliche Athmen ersetzt also nicht vollständig das natürliche. Hauptsächlich aber b) kommt es nicht allein darauf an, dass Sauerstoff in die Lungen gebracht werde, sondern dass der Sauerstoff in die Capillargefässe eindringe, und dass er in den ganzen Körper übergeführt werde. Wenn daher auch das Athmen fortbesteht, der Herzschlag aber intensiv oder extensiv abnimmt, so leidet die Zuführung des Sauerstoffs zu den einzelnen Körpertheilen und damit auch die Bildung der Kohlensäure.

Wärme durch verschiedene äussere Einflüsse.

922. Der Einfluss von Alter, Geschlecht, Tageszeiten auf die Wärme schliesst sich dem auf die Respiration und den Herzschlag an.

Im Schlafe ist die Temperatur gewöhnlich etwas niedriger als im Wachen (J. Hunter).

Beim neugeborenen Kinde sinkt nach der Geburt die Temperatur etwa um $^3/_4$° R., aber bald erreicht sie die normale Höhe. — Auch im hohen Alter nimmt die Temperatur nicht ab, sondern steigt eher noch etwas (Davy, Bärensprung).

Ähnlich wie der Herzschlag und die Respirationsbewegung zeigt auch die Körperwärme während eines Tages mehre Schwankungen. Ihr Minimum erreicht sie früh Morgens etwa um 4 Uhr, steigt bis gegen 11, sinkt bis gegen 2, steigt bis gegen 6 oder 7 am Abend, fällt bis zum frühen Morgen (Hallmann, Gierse, Bärensprung, Lichtenfels und Fröhlich). Nach Bidder und Schmidt (Verdauungssäfte, p. 346) stieg von Morgens 7 bis Abends 10 Uhr die

Digitized by Google

Eigenwärme von 37°,80 bis 39°,08 C., von da an fiel sie bis zum Morgen. (Zimmertemperatur 17 — 18° C.)

b) Leitung der Wärme.

Wärmeleitung durch das Blut.

923. Von den Stellen, an welchen sich die Wärme erzeugt, verbreitet dieselbe sich weiter und es findet ein beständiges Bestreben (Spannung) zur Ausgleichung mit den Orten Statt, welche eine andere Temperatur haben. Dies geschieht um so schwieriger, je schlechter die Wärmeleiter sind. Die Flüssigkeiten leiten die Wärme schlecht. Wenn daher eine Flüssigkeit erwärmt wird, so gibt sie ihre Wärme schwer ab. Das Blut befindet sich aber in der unmittelbarsten Nähe der Wärmeheerde. Denn indem aus den Capillaren O tritt, geht in ihrer Umgebung die Verbrennung vor sich; vielleicht sogar im Blute selbst. Die Gefässe bilden die wesentlichen Leitungscanäle der Wärme. Ihre Erweiterung an einer Stelle und die damit verbundene Blutvermehrung macht den betroffenen Theil wärmer, ihre Verengerung denselben kühler. — Wenn daher in den Muskeln der Gefässe die Contractionsfähigkeit vermindert oder aufgehoben wird, so mehrt sich die Wärme.

Einfluss der Gefässnerven auf die Wärme.

924. Höchst merkwürdig ist der Einfluss des n. sympathicus auf die Wärme (Bernard).[1]) Durchschneidet man z. B. bei Kaninchen diesen Nerven am Halse, oder exstirpirt man das ganglion supremum, so dauert es oft nur wenige Minuten, bis das Ohr der afficirten Seite sich warm anfühlt, während das der andern kalt bleibt, wie es gewöhnlich bei Kaninchen der Fall ist, die Arterien pulsiren heftig, die kleinern Gefässe erscheinen weit ausgedehnt. Ich fand, besonders in der Ohrmuschel, die Erhöhung oft 2°,5 C. höher, als auf der andern Seite. In einem Falle war am Eingang der Ohrmuschel die Temperatur der operirten Seite 36° C., der andern Seite 33°.

Wird das Rückenmark zwischen dem letzten Hals- und dem dritten Brustwirbel auf einer Seite exstirpirt, so steigt innerhalb 10 bis 15 Minuten die Temperatur der entsprechenden Gesichtshälfte, wie nach Durchschneidung des n. sympathicus (Budge),[2]) s. p. 289. Veranlassungen, welche im Stande sind, auf diesen Theil des Rückenmarks in der Art zu wirken, dass er in einen, wenn auch vorübergehenden, lähmungsartigen Zustand geräth, werden rasch eine Röthe und erhöhte Wärme der betreffenden Gesichtshälfte erzeugen können.

Einfluss der Bewegungsnerven auf die Wärme.

925. Andererseits kann die Temperatur eines Theiles sinken, wenn seine Nerven durchschnitten sind, so z. B. ist es ganz gewöhnlich, nach

1) Bernard, C. r. 1852, XXXIV, 472.
2) Budge, C. r. 1853, XXXVI, 377.

Digitized by Google

Verletzungen des n. ulnaris eine niedere Temperatur in der Haut des kleinen Fingers und der Ulnarseite des Zeigefingers zu beobachten. Dies lässt sich aber daraus erklären, dass der genannte Nerve den an der ulna und der Ulnarseite der Hand liegenden Muskeln (freilich auch dem adductor pollicis und allen interossei) Zweige gibt, daher ihre Bewegung hindert. Durch Bewegungslähmungen nimmt sogleich die Blutmenge in einem Organe ab und damit die Wärmequantität.

Einfluss der Blutmenge auf die Nerven.

926. Blutreiche Organe, wie Muskeln, sind höher temperirt, als blutarme, wie Bindegewebe. Jene fand Becquerel [1]) 36°,8—37° C., dieses 34°,8—35°,5 C. — Wenn die Haut im Froststadium des Wechselfiebers sehr contrahirt ist und wenig Blut erhält, wird sie selbst kälter, aber die innern Organe zeigen eine beträchtliche Temperaturzunahme (de Haen, Traube).

Veränderungen der Wärme durch die mit dem Körper in Berührung kommenden Substanzen.

927. Den grössten Wärmeverlust erleidet der Körper durch die Berührung grosser Flächen mit der äussern Atmosphäre, welche in unsern Gegenden durchgängig kälter, als die Körpertemperatur ist. Diese Flächen sind hauptsächlich die äussere Haut und die Lungen. Die Epidermis und die unter der Haut liegende Fettschicht sind zwar schlechte Wärmeleiter und wirken der Ausstrahlung entgegen; dennoch ist die auf diesem Wege entweichende Wärmemenge sehr bedeutend. Da der Erdboden die Wärme besser, als die Luft leitet, so erkalten die Füsse mehr als die Hände; ebenso die gutleitenden spitzen Körpertheile, wie Nasenspitze, Ohrknorpel, Knöchel, alle fettlosen Theile, — weil hier die Wärme einen leichtern Ausgang findet. — Über den Wärmeverlust durch die Lungen s. p. 118. — Der Urin und die Excremente entführen gleichfalls dem Körper Wärme und in den Magen werden häufig kalte Nahrungsmittel gebracht. Hingegen werden auch viele Speisen und Getränke in einer höhern Temperatur, als die des Körpers ist, eingeführt. So werden Kaffee, Thee, Suppe meist zu 50° C. genossen.

928. Die dünnwandigen Venen werden, wenn sie oberflächlich liegen, leichter Wärme verlieren, als die Arterien. Das Hautvenenblut wurde von G. Liebig und Bernard in der That kühler, als das Arterienblut gefunden.

Das an die äussere Haut bei nacktem Körper in einer Zimmerwärme von 16°,8 R. gebrachte Thermometer erreicht nur in der Kniekehle, Schambuge, Achselhöhle und etwas unter dem Nabel die oben angegebene Temperatur, an den übrigen, weniger gegen die

---

1) Becquerel, Traité de phys. II, 51.

Digitized by Google

äussere Temperatur geschützten Körperstellen aber nicht (J. Davy).[1]) In der Scheide und dem Mastdarme ist die Eigenwärme um 0,8 bis 1°,1 C. wärmer, als in der Achselhöhle.

929. Die Temperatur der umgebenden Luft ist nicht ohne Einfluss auf die Eigenwärme. Wir besitzen hierüber Untersuchungen, welche bei denselben Personen in kalten und warmen Klimaten angestellt wurden, von Davy,[1]) Eydoux und Souleyet,[2]) Brown-Séquard.[3]) Die gewonnenen Resultate geben wir nach der Zusammenstellung des Letztgenannten:

Bei einem Unterschiede der Lufttemperatur von	änderte sich bei der Wärmemessung	die Eigenwärme um	Beobachter.
40° C.	im rectum	1°,0 C.	Eydoux und Souleyet.
11°,11 C.	unter der Zunge	0°,88 C.	J. Davy.
21°,5 C.	„	1°,265 C.	Brown-Séquard.
13°,5 C.	„	0°,67 C.	„

In dem Übergange aus einer kältern Gegend in eine wärmere stieg die Temperatur, und zwar nach Eydoux und Souleyet mehr, als bei dem Übergange aus einem wärmern in ein kälteres Klima sie fiel, — was auch Brown-Séquard bestätigte. Im Sommer ist nach Martine die Eigenwärme etwas höher, als im Winter. — W. Edwards[4]) fand dieselbe Erscheinung bei Thieren in verschiedenen Jahreszeiten, geringere Wärme im Februar, als im Juli.

930. Banks hielt sich 7 Minuten in einer künstlich bis 99°,44 C. erwärmten Luft auf, während in seinem Munde das Thermometer 36°,67 C. zeigte. Ja er verweilte 8 Minuten in einer Temperatur von 127°,77 ohne grosse Beschwerden. Parry[5]) beobachtete, dass bei einer Temperatur von — 25 und 30° C. die Eigenwärme bei einem Polarfuchse doch + 40° C. betrug. Es hängt von der Grösse der Verdunstung ab, in welchem Masse allgemeine Störungen eintreten. Bei feuchter Luft sind diese viel stärker. Versuche mit heissen Flüssigkeiten lassen sich nicht anstellen, da dieselben die Gewebe bei der hohen Temperatur angreifen. In einer trockenen Luft ertrug Berger eine Lufttemperatur von 109°,48 C. 7 Minuten, in einer mit Feuchtigkeit gesättigten Luft 12 Minuten eine Tempe-

1) Davy in researches phys. and anat. Lond. 1839, I, und Ann. de chim. XXXIII.
2) Eydoux et Souleyet in C. r. vol. VI, 1838, p. 457.
3) Brown-Séquard in Journ. de phys. 1859, II, 549.
4) W. Edwards, Infl. des agents phys. sur la vie, p. 489.
5) Parry in Ann. de chim. et phys. 2. Sér. XXVIII, 223.

Digitized by Google

ratur von nur 41° bis 53°,75. In einem warmen Bade von 44°,44 konnte Lemonier nicht länger als 8 Minuten aushalten, weil die gefahrdrohendsten Erscheinungen eintraten. [1])

c) Regulirung der Wärme.

Regulirung der Wärme durch Verdunstung.

931. Um die Körperwärme zu vermindern und zu vermehren, gibt es zwei Wege, nämlich erstens die Hautausdünstung, zweitens die Athembewegungen. — Durch vermehrte Hautausdünstung verliert der Körper Wärme, durch Verminderung derselben wird ihm weniger entzogen. Die Hautausdünstung hängt aber wesentlich von dem Grade der Ausdehnung der Haut ab. Wird diese durch höhere Lufttemperatur oder durch wärmeres Blut mehr ausgedehnt, so dringt mehr Flüssigkeit durch, es entsteht reichlichere Verdunstung, Wärmeverbrauch, Abkühlung.

Häufigeres Athemholen muss die Wärmebildung vermehren, weil der Zufluss von O grösser ist, und umgekehrt.

Einfluss der Gefühlsnerven auf die Regulirung der Nerven.

932. Wird dem Körper durch die Umgebung Wärme entzogen, so wirkt dies zunächst auf die Gefühlsnerven, sowohl der Haut, als der Lungen, und dies hat ein vermehrtes Athemholen zur Folge, s. p. 98. — Die Gefühlsnerven sind also die wesentlichen Regulatoren für die Constanz der Wärme. Bei kaltblütigen Thieren scheinen die Gefühlsnerven und deren Centraltheile minder fein entwickelt zu sein, weshalb auch sie einer Eigenwärme entbehren.

Ein kaltes Bad vermindert nach Liebermeister [2]) die Temperatur der gut zusammengedrückten Achselhöhle nicht, sondern erhöht sie zuweilen noch, weil mehr Wärme producirt wird. — Wenn die Entziehung von Wärme zu gross ist, so kann der Ersatz nicht so rasch vor sich gehen, besonders wenn die Verhältnisse einer entsprechenden Athemvermehrung nicht günstig sind. Daher mag es kommen, dass viele Beobachter im kalten Seebade Abnahme der Körpertemperatur [3]) fanden. — Es kommen jedoch individuelle Verschiedenheiten sehr in Betracht. Wenn nämlich bei einer starken Abkühlung die Respirations- und Cirkulationsorgane so rasch in Thätigkeit kommen, um den Verlust sogleich zu decken, so wird sich kein Mangel kund geben, der in andern Constitutionen sehr in den Vordergrund tritt. Wenn dem Körper durch kalte umgebende Temperatur Wärme entzogen wird, so wird er dadurch genöthigt,

1) Vgl. Gavarret, Phys. méd., p. 445.

2) Liebermeister in Archiv für An. 1860, p. 520; 1861, p. 28. Vgl. besonders auch Hoppe in Virchow's Archiv 1857, XI.

3) Vgl. hierüber Virchow in dessen Archiv XV, 70; wo sich auch die gesammte Literatur findet.

Digitized by Google

mehr Wärme zu erzeugen, er muss mehr Nerven- und Muskelkraft verwenden, er wird angestrengt. Ist bereits durch eine andere Ursache der Körper ermüdet, so erhöht Wärmeentziehung diese Ermüdung, erschöpft ihn mehr. Da bei Erschöpfung aber leicht Schmerz entsteht, so bringt bei schon ermüdetem oder geschwächtem Körper Kälte leicht Schmerz hervor, — wie umgekehrt äussere Wärme, d. h. geringe Entziehung der Eigenwärme des Körpers den Schmerz, welcher auf diesem Wege enstanden ist, vermindert. — Der Tod durch Erfrieren erfolgt bei Menschen, welche gut ernährt sind, deren Muskeln und Nerven, insbesondere die Respirationsmuskeln und Nerven, grössere Leistungsfähigkeit haben, weniger leicht, als im entgegengesetzten Falle. — Übereinstimmend damit ist die Erfahrung, dass man während des Schlafes leichter der Gefahr des Erfrierens ausgesetzt ist. — Auch partielle Erfrierungen, z. B. der Finger, treten leichter ein bei schlecht-, als bei gutgenährten Individuen. — Wenn umgekehrt bei vermindertem Stoffwechsel weniger Wärme entzogen wird, so ist das Bedürfniss, den Verlust zu decken, natürlich geringer und Eingriffe, welche die Lebenserhaltung schwächen, wirken weniger schädlich. Chossat beobachtete, dass Thiere, welche hungerten, in einer kühlen Temperatur leichter sterben; Valentin und Schiff [1]) sahen, dass Thiere, deren Haut mit einem Firniss überzogen ist, in einer höhern Temperatur (22—40° C.) viel länger sich erhielten und die CO^2-Absonderung stärker wurde, als in einer niedrigern (unter 20° C.), wo die Temperatur z. B. im Mastdarm in wenigen Stunden von 39° C. auf 19° fiel. [2])

E. Ausleerungen.

933. Zu den Ausleerungen gehören die ausgeathmete Luft, die Excremente, der Harn und die Hautausdünstung. Von den beiden ersten war bereits p. 101 und 217 die Rede. Allgemeines.

1) Valentin in Archiv für phys. Heilk. 1858, p, 433.

2) Ausser den schon erwähnten Arbeiten sind folgende besonders noch hervorzuheben: Helmholtz in Berl. med. Encykl.: thierische Wärme. — Nasse in Wagner's Handwörterb. IV. — Barral, Statique chimique des animaux. Par. 1850. (Er stellte an vier Personen Untersuchungen an, um die Einnahmen und Ausgaben der Wärmemengen zu berechnen, welche täglich der Körper gewinnt und verliert; hieraus ergibt sich, dass durch Ausstrahlung aus der Haut etwa 67%, durch Wasserverdunstung 21% verloren gehen.) — Eine ähnliche Berechnung hat Helmholtz angestellt. — Gierse, Quaenam sit ratio caloris etc. Halae 1842. — Fick in Müller's Archiv 1853, und med. Phys. Braunschw. 1856, p. 162. (Besonders sind die physikalischen Verhältnisse genau erörtert.) — Traube in Froriep's Tagsber. 1851, No. 281.

Digitized by Google

I. Harn.

934. Zu der Ausleerung des Harns gehören zwei Vorgänge, nämlich 1) die Ausscheidung desselben von den übrigen Bestandtheilen des Blutes innerhalb der Nieren. 2) Die Ansammlung desselben in der Blase, und die von Zeit zu Zeit erfolgende Entleerung aus der Harnröhre.

1) Ausscheidung des Harns von den übrigen Bestandtheilen des Blutes.

Der Harn ist schon im Blute.

935. Durch die Versuche von Prevost und Dumas [1]) ist nachgewiesen, dass in dem Blute eines Thieres, dem die beiden Nieren (nach Unterbindung ihrer Gefässe) exstirpirt worden sind, Harnstoff sich findet, der im normalen Zustande nur in geringer Menge darin vorkommt. Auch bei der krankhaften Entartung der Nieren [2]) hat man dasselbe beobachtet. Daraus ist zu schliessen, dass der Harnstoff jedenfalls nicht lediglich in den Nieren sich bildet, sondern im Blute schon vorhanden ist, aus dem er stets zu den Nieren übergeht.

936. Nichtsdestoweniger ist es möglich, dass auch in den Nieren selbst sich Harnstoff bildet, und nicht gerade die Gesammtmenge desselben, welche durch den Urin abgeht, bereits im Blute enthalten ist, welches durch die Nierenarterien zugeführt wird. Die Substanzen, welche in der Niere gefunden wurden, stehen zum Theil der Harnsäure und dem Harnstoff nicht fern. Von chemischen Bestandtheilen der Nieren hat man [3]) bis jetzt ausser Eiweiss entdeckt:

Cystin in der Niere des Rindes (Cloëtta);
Taurin in der Niere des Rochen (Städeler und Frerichs);
Hypoxanthin.

Ausserdem hat man den stickstofflosen Muskelzucker, Inosit (C_{12} H_{12} O_{12} + 4 HO) in den Nieren entdeckt (Cloëtta, Neukomm). Ferner ist bemerkenswerth, dass die Menge des Harnstoffs im Blute von Thieren, denen die Nieren exstirpirt waren, beträchtlich geringer sich zeigt, als in gleicher Zeit durch den Urin entleert worden wäre,

1) Prevost und Dumas in Ann. de chim. et phys. 1823, XXIII, 90. — Bestätigt von Vauquelin und Segalas in Magendie Journ. de phys. II, 354. — Gmelin, Mitscherlich und Tiedemann in Tiedemann's Zeitschr. für Phys. V, 1. — Vgl. auch Meckel's Arch. II, 678; VIII, 229. — Marchand in Journ. für pr. Chemie IX, 499. — Bernard et Barresvill in Arch. gén. 1847, XIII, 449.

2) Vgl. Lehmann, Zoot., p. 172.

3) Vgl. Cloëtta in Ann. der Chem. 1856, XCIX. — Städeler u. Frerichs, Journ. für pr. Chem. LXXIII, 52. — Beckmann in Virchow's Archiv 1857, XI. — Neukomm, Über Leucin, Tyrosin u. s. w. Dissert. Zürich 1859.

Digitized by Google

wie die Versuche von Bernard und Barreswill, [1]) Scheven [2]) und Picard [3]) lehren.

937. Im arteriellen Blute der Nieren fand Picard bei zwei Hunden 0,0365 und 0,04% Harnstoff, im venösen 0,0186 und 0,02%; ein Resultat, welches hingegen nach den Beobachtungen von Poiseuille und Gobley [4]) nicht constant ist.

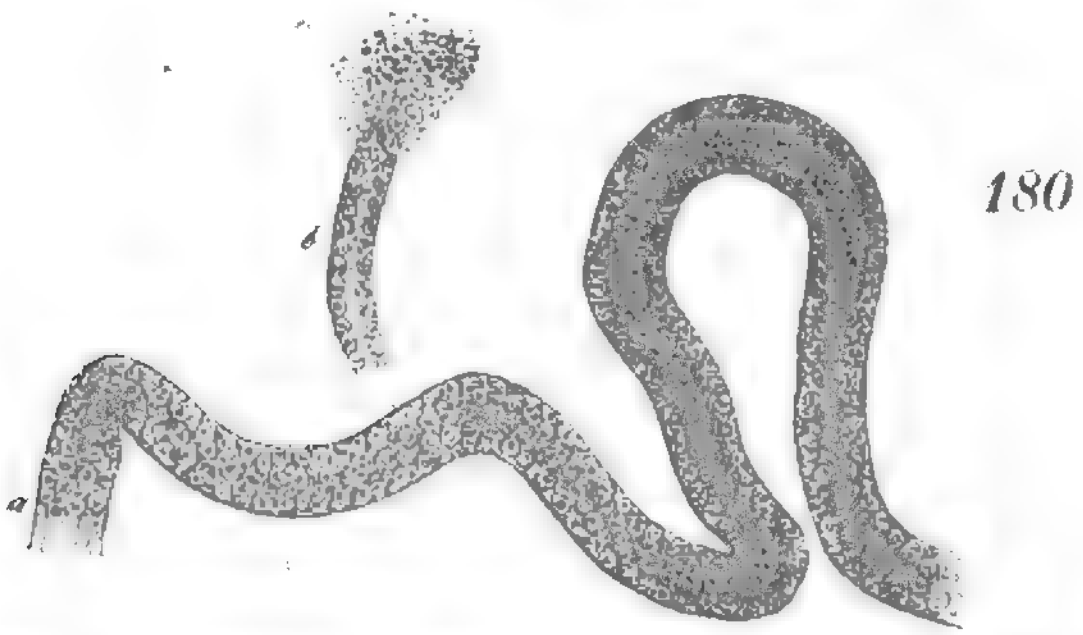
a) Mechanismus der Harnabsonderung.

938. Um die Ausscheidung des Harns durch die Nieren zu erläutern, ist eine kurze Beschreibung des Baues dieser Drüse nothwendig.

939. Die Nieren sind die drüsigen Organe, in denen sich der Harn (urina, lotium) ausscheidet. Beim Durchschnitte der Niere erkennt man die Mittel- oder Marksubstanz und die äussere oder Rindensubstanz. Die Marksubstanz besteht aus einer Anzahl (8—15) kegelförmiger Abtheilungen, Malpighische Pyramiden genannt, zwischen welche sich die Rindensubstanz einschiebt. In beiden findet sich eine unzählige Menge von Röhrchen, Harncanälchen, welche

Structur der Nieren.

Figur 123.



a Harncanälchen aus der Corticalsubstanz eines jungen Hundes, mit Zellen erfüllt; 180 Mal vergrössert. *b* Harncanälchen, an dem das Epithel vollkommen erhalten ist. Am Ende ist dasselbe hervorgequollen.

nebst den blutführenden Gefässen die grösste Masse der Nieren ausmachen. Die Harncanälchen bestehen aus einer membrana propria und einer anliegenden Zellenlage. Diese sind oft blos an beiden Seiten zu sehen, oft erfüllen sie den ganzen Canal, s. Fig. 123 und

1) Bernard und Barreswill in Arch. gén. 1847, XIII.
2) Scheven, Über Ausdehn. der Nieren. Rost. 1848.
3) Picard, De la prés. de l'urée dans le sang. Strasb. 1856.
4) Poiseuille und Gobley in C. r. 1859, XLIX, 164.

Digitized by Google

124. Die an einander liegenden Zellen sind mehr oder weniger eckig. An den abgerissenen Enden dringen sie heraus und einzelne werden durch aufgenommenes Wasser rund und quellen, Fig. 124. — Sie enthalten einen Kern und körnige Masse, nicht selten Fetttröpfchen. Da sie häufig zerplatzen, so entleert sich ihr körniger Inhalt Fig. 124 und 124 *b*. — Wenn der grösste Theil der Zelleu ausgetreten ist, so erkennt man die structurlose m. propria, s. Fig. 124 *b*. Sie verlaufen in Bogen in der Rindensubstanz (tubuli

Figur 124.

Figur 124 b.

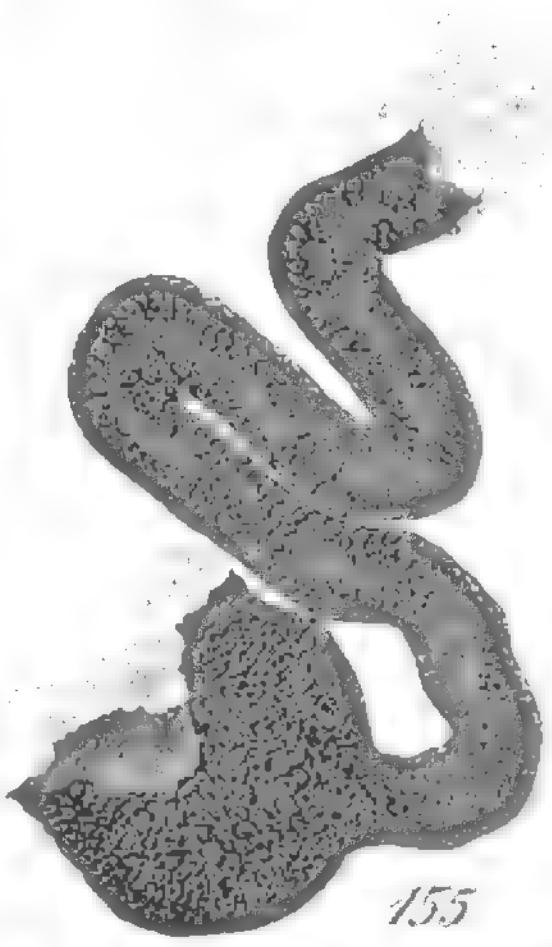
Harncanälchen aus der Niere eines Kaninchens, 135 Mal vergrössert.
a ein gerades, *b* ein gewundenes, *c* ein solches, aus welchem die Zellen ausgetreten sind und die membr. propria deutlich ist.

uriniferi contorti), gerade und parallel neben einander liegend in der Marksubstanz (t. u. recti s. Belliniani). Jene sind $^1/_{60}$ bis $^1/_{40}$‴, diese $^1/_{60}$‴ und weniger breit, bekommen aber in der Nähe der Papillen einen Durchmesser von $^1/_{20}$‴. Sie beginnen in der Rindensubstanz mit $^1/_{16}$ bis $^1/_{10}$‴ grossen Anschwellungen (Bowman), Capseln der glomeruli (auch corpuscula Malpighiana von Einigen) genannt, welche einen Knäuel (glomerulus, s. glomerulus Malpighi) von Gefässen ein-

Digitized by Google

schliessen. [1]) Die Harncanälchen in dem Marke sind ihre ununterbrochenen Fortsetzungen, von denen je zwei sich unter einem spitzen Winkel zu einem breitern Stämmchen vereinigen, so dass also deren Anzahl immer mehr abnimmt, und etwa 200 bis höchstens 500 in einer Papille endigen. Um die Harncanälchen leicht zu isoliren, koche man ein Stückchen Rinden- und Marksubstanz mit einer sehr verdünnten Kalilösung bis zum ersten Aufwallen und bringe von der klebrig gewordenen Substanz eine sehr kleine Menge möglichst ausgebreitet unter das Mikroskop; hierdurch wird der Zusammenhang der Capseln mit den Harncanälchen oft sehr klar. — Auch die von mir zur Trennung der Muskelfasern angewendete Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali thut sehr gute Dienste. Die Capsel wird auch vollständig vom Epithel ausgekleidet, s. Fig. 125, das jedoch oft abfällt. Bei vielen Amphibien und Fischen sitzen auf dem Epithelium der Capsel Wimperhaare und wenn man z. B. ein Stückchen Froschniere frisch unter dem Mikroskope betrachtet, so sieht man oft das interessante Phänomen des Flimmerns. Besonders leicht ist die Beobachtung bei jungen Tritonen, bei denen nicht nur das Epithelium der Capsel, sondern auch das des Harncanälchens, in der nächsten Nähe derselben prächtig flimmert. — Bei Säugethieren und dem Menschen wurde bis jetzt eine Flimmerbewegung nicht beobachtet. — Die Arterien der Nieren erzeugen, wenn sie in die Rindensubstanz übergegangen sind, die kleinen (etwa $^1/_{12}$‴ im Durchmesser), mit blossem Auge als rothe Pünktchen eben erkenntlichen Körperchen, glomeruli, welche bei Vögeln, Amphibien und Fischen nichts Anderes sind, als die Windungen des in eine Capsel eines Harncanälchens ein-

Figur 125.



Harncanälchen mit Capsel, welche zerplatzt ist. 155 Mal vergrössert.

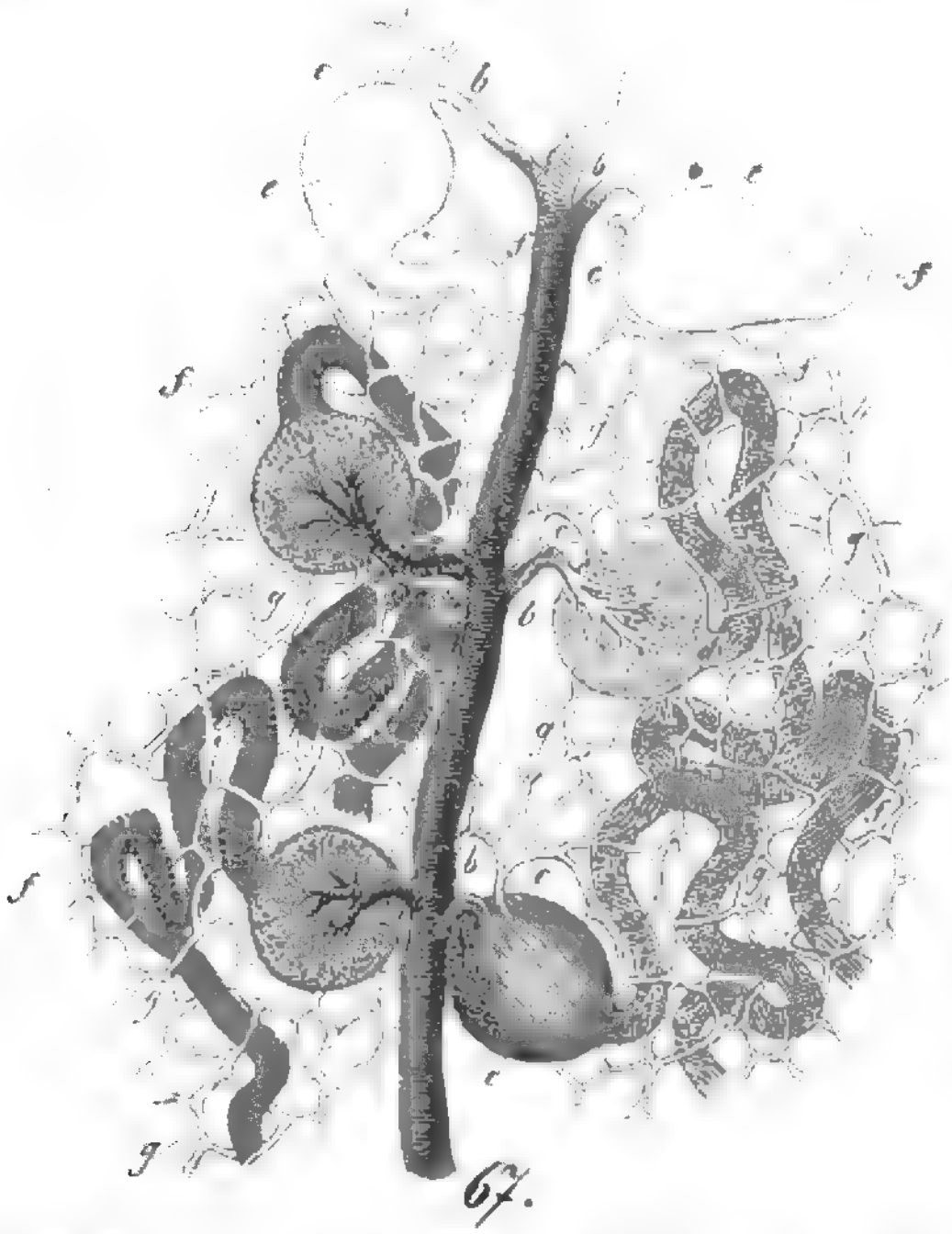
1) Joh. Müller (de gland. secern. struct. penit. Lips. 1830) entdeckte die Capseln in den Nieren, Bowman (Philos. Transact. 1842) ihren Zusammenhang mit den Nierencanälchen. — Gerlach (Müll. Arch. 1845 und 1848) hat zuerst die Harncanälchen von den Ureteren aus mit gefärbter Leimmasse injicirt. — In die Harncanälchen dringt ziemlich leicht Flüssigkeit, welche man in die a. renalis einspritzt. Man kann sich bei einer Wasserinjection bei einer Kalbsniere leicht davon überzeugen, indem alsbald Wasser aus dem Ureter fliesst. Schon Ruysch hat Injectionen der Art mit gefärbter Masse gemacht.

Digitized by Google

tretenden Arterienzweiges (vas afferens). Bei Säugethieren und dem Menschen spaltet sich das in eine Capsel eintretende vas afferens in kleinere Gefässe, und aus diesen entsteht wieder ein austretendes Ästchen (vas efferens), das dann in Capillargefässe und Venen übergeht. Die glomeruli werden von den Capseln der Harncanälchen umgeben, so dass also eine jede Capsel ein solches Körperchen einhüllt (Bowman), s. Fig. 126.

Es besteht mithin in der Niere ein doppeltes Capillarsystem, nämlich innerhalb der glomeruli und hinter dem Austritte der vasa efferentia. Nicht alle Stämmchen der a. renalis gehen jedoch in glomeruli, zum Theil gehen sie in gewöhnlicher Weise in Venen über; die a. rectae, welche in der Marksubstanz neben den tubuli Belliniani liegen, entstehen zum Theil direct aus den Zweigen der a. renalis (Virchow), [1]) zum Theil sind es die der Marksubstanz naheliegenden v. afferentia.

Figur 126.



Feiner Schnitt durch eine Hammelniere, bei welcher von der a. renalis aus die Injection mit Leim und Carmin sehr gelungen war. Ein Arterienast geht mitten durch, davon zweigen sich ab *b* die vasa afferentia; *c* vasa efferentia; *d* glomerulus; *e* Capsel; *f* gewundene Harncanälchen; *g* Capillarnets. 67 Mal vergrössert.

1) Virchow in dessen Archiv XII, 310.

Digitized by Google

940. Bei der Absonderung des Urins durch die Nieren sind wesentlich drei Theile zu beachten, nämlich 1) das Blut, 2) die Zellen, 3) die Nerven. Wovon die Nierenabsonderung abhängt.

941. 1) Das Blut verdient in zweifacher Beziehung Berücksichtigung, nämlich als ernährende Flüssigkeit und in Betreff des Druckes, den es auf die Gefässwandung ausübt und welcher wegen der eigenthümlichen Anordnung der Arterien sich verschieden verhält. 1) Einfluss des Blutes auf die Harnabsonderung.

942. Wird das Blut durch Unterbindung der a. renalis ganz von den Nieren abgehalten, so werden in kurzer Zeit die Nieren erweicht (Ludwig, [1]) Schulz). [2]) Nach 78, selbst nach 36 Stunden fand Schulz bei Katzen keine Spur mehr von den Nieren, an denen Arterie und Vene unterbunden waren. War an der Arterie allein die Operation gemacht worden, so zeigte sie sich früher oder später zerstört, — war nur ein Ast unterbunden, so war der betroffene Theil zersetzt oder atrophisch. a) Einfluss des Blutes, als ernährender Flüssigkeit.

943. Bei Inanitionsversuchen, welche Chossat [3]) anstellte, verloren indess die Nieren nur 0,319% an Gewicht, weniger als Haut, Pharynx, Magen, Muskeln, Gedärme, Leber, Herz, Pancreas, Milz. Abnahme der Nieren bei Inanition.

944. Das Blut wird mit einer bedeutenden Kraft in die Nieren getrieben, da dieselben nicht sehr weit von dem Herzen entfernt liegen. Auch ist die Blutquantität, welche in die a. renalis gelangt, nicht gering, da diese einen Durchmesser von $2^1/_2$—3‴ (Krause) hat. Nun aber vertheilen sich die Arterienzweige der glomeruli in Capillaren. Hierdurch wird der Gesammtquerschnitt der zahlreichen Gefässe beträchtlich grösser, daher nimmt die Geschwindigkeit (s. p. 307) ab und ebenso der Druck auf die innere Gefässwandung zu. Obgleich die bewegende Kraft, welche auf das Blut in den glomerulis wirkt, um Vieles geringer sein muss, als in der a. renalis selbst, weil die durch die Reibung und die Cohäsion gesetzten Widerstände einen grossen Krafttheil absorbirt haben, so ist doch ohne Zweifel der Druck immer noch bedeutend. Bei dem Austritte des Blutes aus dem glomerulus strömt es in ein engeres Gefäss ein, das vas efferens, dessen Durchmesser dem des vas afferens (s. Fig. 126) sogar nachsteht. Die Geschwindigkeit wächst daher wieder (s. p. 307) und der Druck nimmt ab; beide Producte der bewegenden Kraft zusammengenommen, nämlich Geschwindigkeit und Druck hingegen müssen wegen der vielen Widerstände nothwendig beträchtlich geringer sein, als im vas afferens, und nehmen fortwährend ab, obwohl die Ge- b) Einfluss des Blutdruckes in den Nieren auf die Harnabsonderung

1) Ludwig in Wagner's Handwörterbuch II, 634.

2) Schulz, De art. ren. subligat. Dorp. 1851, und Valentin's Jahresber. 1851, p. 134.

3) Chossat, Sur l'inan. Par. 1843, p. 66—92.

Digitized by Google

schwindigkeit in den aus dem vas efferens entstehenden Capillaren unbedeutender ist, als in dem Stämmchen selbst.

Die Wandungen der Gefässe, welche die Capseln umgeben, stehen unter einem geringern Druck, als diejenigen innerhalb der Capseln (Ludwig).[1]) Daher erklärt sich die bedeutende Wassermenge, welche durch die Wandungen der Capillaren in die Capsel transsudirt. Bei dem Menschen und den Säugethieren ist der Urin sehr wasserhaltig, der grösste Theil des genossenen Wassers geht auf diesem Wege aus dem Körper. Bei den Vögeln, Amphibien und Fischen verzweigt sich das vas afferens nicht, sondern macht blos Windungen. Hierdurch wird zwar die bewegende Kraft geringer in den glomerulis, als in dem vas afferens, aber die Geschwindigkeit erleidet in ihrem Verhältniss zum Drucke wenig Veränderung. Daher wird auch bei Vögeln und Amphibien weniger Flüssigkeit durch die Wandungen der Glomerulusgefässe in die Capsel gepresst; der Urin ist viel dichter.

Warum kein Eiweiss im Urine.

945. Dass Stoffe, welche leicht durch Membranen durchtreten, wie Wasser, leicht lösliche Salze, Harnstoff, auch durch die Gefässwandung der Capillaren der glomeruli durchtreten, ist nicht auffallend. Hingegen sollte man doch auch vermuthen, dass bei dem verhältnissmässig starken Drucke, welchen die Gefässwandungen im glomerulus erfahren, auch Eiweiss in die Capseln und die Nierencanälchen eindränge. Man findet jedoch im normalen Urin kein Eiweiss. Man könnte zunächst daran denken, dass der Druck nicht gross genug sei, um Eiweiss, welches überhaupt äusserst schwer permeabel ist, durchzudrängen. Freilich schwitzt Eiweiss schon bei geringen Blutstockungen aus, wo der Druck nicht beträchtlicher zu sein scheint. Andererseits ist es richtig, dass wenn der Druck vermehrt wird, der Urin Eiweiss führt. Am Auffallendsten zeigt sich dies bei Unterbindung der a. aorta unterhalb der Nierenarterie, nach welcher Operation man stets bei Kaninchen blutigen Urin findet. — Bei manchen übrigens gesunden Menschen, welche einen sehr kräftigen Herzpuls haben, kommt es vor, dass nach einem reichlichen Mahle, wo das Herz intensiver schlägt, Eiweiss im Urine sich zeigt, das später wieder schwindet; eine Beobachtung, welche auch ich mehrmals bei starken Essern gemacht habe. Durch die Verstärkung des Herzschlags nimmt die bewegende Kraft zu, dies muss auf den Blutdruck in den glomeruli wirken. — Bei Einspritzung von Wasser ins Blut finden sich Eiweiss, der Inhalt der Blutzellen und Blutzellen selbst in dem Urine.[2]) Dies kann einen doppelten Grund haben,

1) Ludwig in Wagner's Handwörterbuch II, 637.

2) Vgl. Kierulf in Zeitschr. für rat. Med. 1853, III, 279. — Hermann in Sitzungsber. der Wiener Akad. 1859, XXXVI, 349, und Virchow's Archiv 1859, XVII, 451. — Hartner, Zur Phys. der Harnabs. Erlangen 1858.

Digitized by Google

erstens die vermehrte Flüssigkeitsmenge in den Gefässen, oder wenn dies auch vermieden ist, die Verdünnung des Blutes; da verdünntes Eiweiss unter demselben Drucke leichter durchgeht, als dichteres.

Verhinderung des Ausflusses des Urins aus den Ureteren.

946. Von grossem Interesse sind die Versuche, in welchen aus dem Ureter bei Thieren zeitweise der Ausfluss unterbrochen wurde. Hierdurch kann der Urin die Harncanälchen nicht verlassen. Er muss also auch in den Capseln sich anhäufen, und wird gegen die Aussenwand der Gefässe im glomerulus drücken. Der Seitendruck des Blutes auf die innere Gefässwand wird in Folge dieses Gegendruckes geringer werden und das Blut mehr gegen das vas efferens, Fig. 126 *e* und die Capillaren *g* getrieben werden, welche dadurch ausgedehnter werden. Die Absonderung von Flüssigkeit aus den Gefässen der glomeruli wird abnehmen, ein Theil der Harnstofflösung wieder ins Blut zurückgehen müssen. Weiter darf man in theoretischen Betrachtungen indess nicht gehen. — Wir geben die Resultate der Versuche [1]) von Hermann. Wenn der Ureter verschlossen war, so schwoll die Niere an, die oberflächlichen Venen füllten sich stark und in der Umgebung der Nieren bildete sich Oedem. In dem während der Unterbindungszeit im Ureter angesammelten Harn waren mehr Procente Harnstoff und weniger Procente Kochsalz, als unmittelbar vorher. Die Gesammtmenge des Harnstoffes hatte aber beträchtlich abgenommen, und war viel geringer, als die in der andern nicht unterbundenen Niere während derselben Zeit entleerte Quantität. Nachdem die Unterbindung aufgehoben war, wurde der Harn mit grösserer Geschwindigkeit abgeschieden, die Harnstoffprocente waren geringer, die absolute Harnstoffmenge grösser, als auf der andern Seite. Wurde die Unterbindung längere Zeit fortgesetzt, so schwand der Harnstoff beinahe ganz und im Urine fand sich Kreatin.

2) Einfluss der Nierenzellen auf die Harnabsonderung.

947. Um zu erklären, weshalb das Eiweiss nicht in den Urin übergeht, ist noch eine andere Theorie von Bowman (l. c.) aufgestellt worden. Sie beruht auf der Specificität der Zellen in den Harncanälchen, welchen die Fähigkeit zugeschrieben wird, Harnstoff aus dem Blute anzuziehen. Während aus den glomeruli Wasser dringt, soll dies dazu dienen, den Harnstoff, der in den Zellen der Harncanälchen sich befindet, wieder abzuspülen. Es lässt sich zwar durchaus mit den Lebenseigenschaften der Zellen vereinigen, dass sie eigenthümliche Stoffe anziehen, wie oben (p. 407) erörtert worden ist, und es ist auch durchaus nicht unstatthaft, den Zellen der Harncanälchen eine solche Eigenschaft zuzuschreiben.

---

1) Vgl. Löbell, De condit., quibus secr. in gl. perf. Marb. 1843. — Hermann l. c. — Meissner's Jahresbericht 1859, p. 341.

Digitized by Google

Nichtsdestoweniger halte ich es für unwahrscheinlich, dass in den glomerulis nur Wasser ausgeschieden wird, und nicht die so leicht in demselben löslichen Bestandtheile, wozu der Harnstoff gehört, der sogar in gleicher Menge kalten Wassers sich löst. (Der Harn enthält nur ungefähr 3% Harnstoff.) Hierin hat also meines Erachtens die Ludwig'sche Theorie den Vorzug, nach welcher der gesammte Harn aus den glomerulis heraustritt. In wie weit man noch ausserdem den Zellen eine eigene Anziehungsfähigkeit für Harnstoff zuzuschreiben berechtigt ist, darüber fehlen noch ausreichende Versuche. Denn wenn man auch in den Zellen Harnstoff nachweisen könnte, so beweist dies nicht deren Attractionsvermögen für Harnstoff, dessen Lösung die dünnen Wandungen der Zellen leicht durchdringen kann. v. Wittich [1]) fand in den Zellen der Vogelniere Harnsäure und hält dafür, dass aus dem Blute durch die Zellen neutrales harnsaures Kali angezogen wird.

Schwarz spritzte Wasser in die a. renalis eines Schweines. Er beobachtete, wie auch früher Ludwig, dass aus dem Ureter Flüssigkeit austrat. Dieselbe enthielt 0,02% Harnstoff, während im normalen Harn des Schweines 1,86% sich finden; ausserdem waren in der Flüssigkeit zahlreiche Zellen der Harncanäle und viel Eiweiss. S. schliesst hieraus, dass die Zellen der Harncanälchen nur Spuren von Harnstoff in sich tragen, aber die Bestimmung haben, das Eiweiss in sich zurückzuhalten, weshalb dasselbe in den Harn nicht austreten könne.

Obwohl man diese letztere Hypothese nicht beweisen kann, so hat sie doch manches für sich. So spricht z. B. für dieselbe, dass der Eiweissgehalt des Urins sehr bedeutend in Krankheiten ist, in welchen die Epithelien reichlich abfallen, wie im morbus Brightii.

948. Bemerkenswerth ist, dass die Zellen der Harncanälchen bei manchen Thieren, welche stark gefüttert werden, sich reichlich mit Fett füllen, wie Lang [2]) beobachtete. In der That sieht man, zumal bei fetten Katzen, die Harncanälchen zuweilen so voll von Fetttropfen, dass man kaum die Zellen unterscheiden kann, welche wahrscheinlich zerplatzen, wie die Fettzellen der Brustdrüse, s. § 871. — Lang sah ferner nach dem mehrwöchentlichen Genuss sehr fettreicher Speisen Fetttropfen in seinem Urine auftreten, welcher früher frei davon war. — Wenn der Urin von Thieren auch kein Fett enthält, so kann sich doch in den Nierenzellen Fett vorfinden.

1) v. Wittich in Virchow's Archiv X, 325.

2) Lang, De adipe in urina et renibus hominum et anim. bene valent. cont. Dorp. 1852. Valentin's Jahresber. 1852, p. 159.

Digitized by Google

949. Die Nieren verwandeln sich während des Zerreibens fast ganz in eine Flüssigkeit, in welcher eine grosse Menge Eiweiss enthalten ist (Berzelius).[1]) Es ist zu vermuthen, dass dies Eiweiss vorzugsweise in den Zellen seinen Sitz hat. — Harnstoff hat Berzelius in jener Flüssigkeit nicht entdecken können. Heynsius[2]) hingegen gibt an, dass nicht nur Harnstoff sich in der ausgeschnittenen Niere nachweisen lässt, sondern dass derselbe durch Digestionswärme sich sogar vermehrt. Eiweiss und andere Bestandtheile der Nieren.

950. Alle Beobachtungen zusammengehalten, machen es wahrscheinlich, dass alle Harnbestandtheile aus den Gefässen des glomerulus in Folge des starken Druckes heraustreten, dass aber die Zellen der Harncanälchen das Fett und Eiweiss in sich aufnehmen und nur bei ungewöhnlicher Anhäufung diese Stoffe mit dem Harn entleert werden. In wie weit aber die Zellen auch den Harnstoff anziehen, lässt sich vorläufig noch nicht bestimmen.

951. Bei der Harnabsonderung spielen neben dem Blute und den Zellen ohne Zweifel auch die Nerven eine wichtige Rolle. Dies kann man schon aus den bekannten raschen Einwirkungen, welche Gemüthsaffecte auf die Harnabsonderung ausüben, entnehmen. Jedoch ist hierbei noch Vieles dunkel. In der Nervenphysiologie soll das Weitere hierüber abgehandelt werden. 3) Einfluss der Nerven auf die Harnabsonderung.

b) Bestandtheile und Eigenschaften des Urins.[3])

952. Der zur Untersuchung kommende Urin, welcher aus der Harnröhre entleert wird, ist zwar grösstentheils der Inhalt der Harncanälchen. Es kann jedoch mit demselben noch Schleim der Ureteren, der Blase und Harnröhre sich mischen, auch kann er Veränderungen durch den Aufenthalt in der Blase erfahren, indem ein Theil der Bestandtheile durch die Blase diffundirt, wie Kaupp durch Versuche bewiesen hat. Urinmenge.

953. Die Bestandtheile des Urins[4]) sind organische und unorganische. Jene sind meistens stickstoffhaltig. Zu denselben gehören: Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure, Kreatin und Kreatinin (in sehr geringer Menge). Ferner die stickstofflosen Säuren Phenylsäure (C_{12} H_5 O HO), neben Tauryl-, Damol-, Damalursäure Bestandtheile des Urins.

1) Berzelius, Chemie IX, 401.

2) Heynsius, Archiv für d. holl. Beitr. I, 243.

3) Eine Zusammenstellung der Beobachtungen und der Literatur über den Harn findet sich unter andern von Henry, Report of the anat. and phys. of the urinary organs. Associat. med. Journ. 1855 July, und besonders von Huppert in Schmidt's Jahrb. 1860.

4) Über die chemischen Bestandtheile des Urins vgl. ausser den Lehrbüchern von Berzelius, Simon, Lehmann u. A. besonders Neubauer und Vogel, Analyse des Harns. Wiesb. 1858. 3. Aufl.

Digitized by Google

(von Städeler [1]) gefunden, sie bewirken wahrscheinlich den Harngeruch); die Harnfarbstoffe: [2]) Urohaematin, Uroxanthin, Uroglaucin, Urrhodin, Uroerythrin, endlich Extractivstoffe, worunter das von Scharling [3]) gefundene Omichmyloxyd. Nach Schunk soll im Urine eine Substanz vorkommen, welche er Indican nennt, die sich in Indigo und Zucker umsetzt. Er hält dieselben dem von Heller gefundenen Urrhodin für identisch. [4])

Zu den unorganischen Harnbestandtheilen gehören: Chlornatrium, Chlorkalium, schwefelsaure Salze, saures phosphorsaures Natron, phosphorsaure Kalk- und Talkerde, Eisen in sehr geringer Menge, Ammoniak, etwas Kieselsäure. — Von Gasen wurden aus dem Harne entwickelt: O in sehr geringer Menge, ferner N und CO^2. In 100 Theilen Urin zeigten 2 Stunden nach Mittag 0,78 N, 0,05 O, 5,25 CO^2 (Planer). [5])

Harnstoff. 954. Der Harnstoff ist in Äther fast unlöslich, hingegen überaus leicht in Alkohol und Wasser löslich. Deshalb bleibt er auch immer im Urin gelöst und bildet ebenso wenig jemals in Krankheiten ein Sediment. Man erhält ihn aus dem Urine, wenn man diesen langsam bis zur Syrupdicke verdunstet, dann ihn mit Alkohol behandelt und die filtrirte Flüssigkeit mit gleichviel Wasser und etwas mehr Salpetersäure übergiesst. Es schiessen dann gelbliche, rhombische Blättchen an (salpetersaurer Harnstoff), welche von Neuem gelöst und krystallisirt werden. Den salpetersauren Harnstoff löst man wieder in Wasser und setzt kohlensauren Baryt zu, es entsteht Aufbrausen, der salpetersaure Baryt schlägt sich nieder und der Harnstoff bleibt im Wasser gelöst. Wird die filtrirte Lösung verdunstet und dann mit Alkohol behandelt, so erhält man den reinen Harnstoff in glänzenden weissen Nadeln oder vierseitigen Säulen. — Oder man versetzt (nach der Angabe von Neubauer) 2 Volum Harn mit 1 Vol. Barytlösung (s. folgenden §), filtrirt den entstandenen Niederschlag von phosphorsaurem und schwefelsaurem Baryt ab und verdampft das Filtrat im Wasserbade zur Trockne. Den Rückstand zieht man mit Alkohol aus, verdampft nach dem Filtriren abermals zur Trockne, und behandelt die jetzt

1) Städeler, Ann. der Chemie LXXVII, 35.

2) Über die Harnfarbstoffe vgl. Harley in Würzb. Verh. 1854, V. — Heller in seinem Archiv 1853, p. 391. — Hassall in Erdmann's Journ. 1853, VI, 382. — Neubauer, Harnanalyse.

3) Scharling in Ann. der Chemie XLII, 265.

4) Vgl. Philos. Magaz. 1858, XIV, 288. — Kletzinsky, Wien. med. Wochenschrift 1859, p. 27. — Schmidts Jahrbücher 1859, CIV, 32.

5) Planer in Zeitschr. der Ges. der Ärzte zu Wien 1859. — Bernard, Leçons sur les liquid.

Digitized by Google

gebliebene Salzmasse mit absolutem Alkohol. Diese Lösung enthält reinen Harnstoff, der in farblosen Nadeln krystallisirt.

Figur 127.

Krystalle von Harnstoff.

Man kann ihn auch künstlich durch eine Verbindung von Cyansäure und Ammoniak bereiten (Wöhler), beim Erhitzen von Kohlensäure-Äther mit überschüssigem Ammoniak und bei der Einwirkung von Chlor-Kohlenoxydgas auf trocknes Ammoniak (Natanson). — Er entsteht ferner durch Zersetzung der Harnsäure mittelst Salpetersäure (Wöhler und Liebig). Ausser im Urine fand man ihn auch noch in dem liquor amnii, im corpus vitreum des Auges (Millon, Wöhler), im Blute und der Lymphe (Wurz).

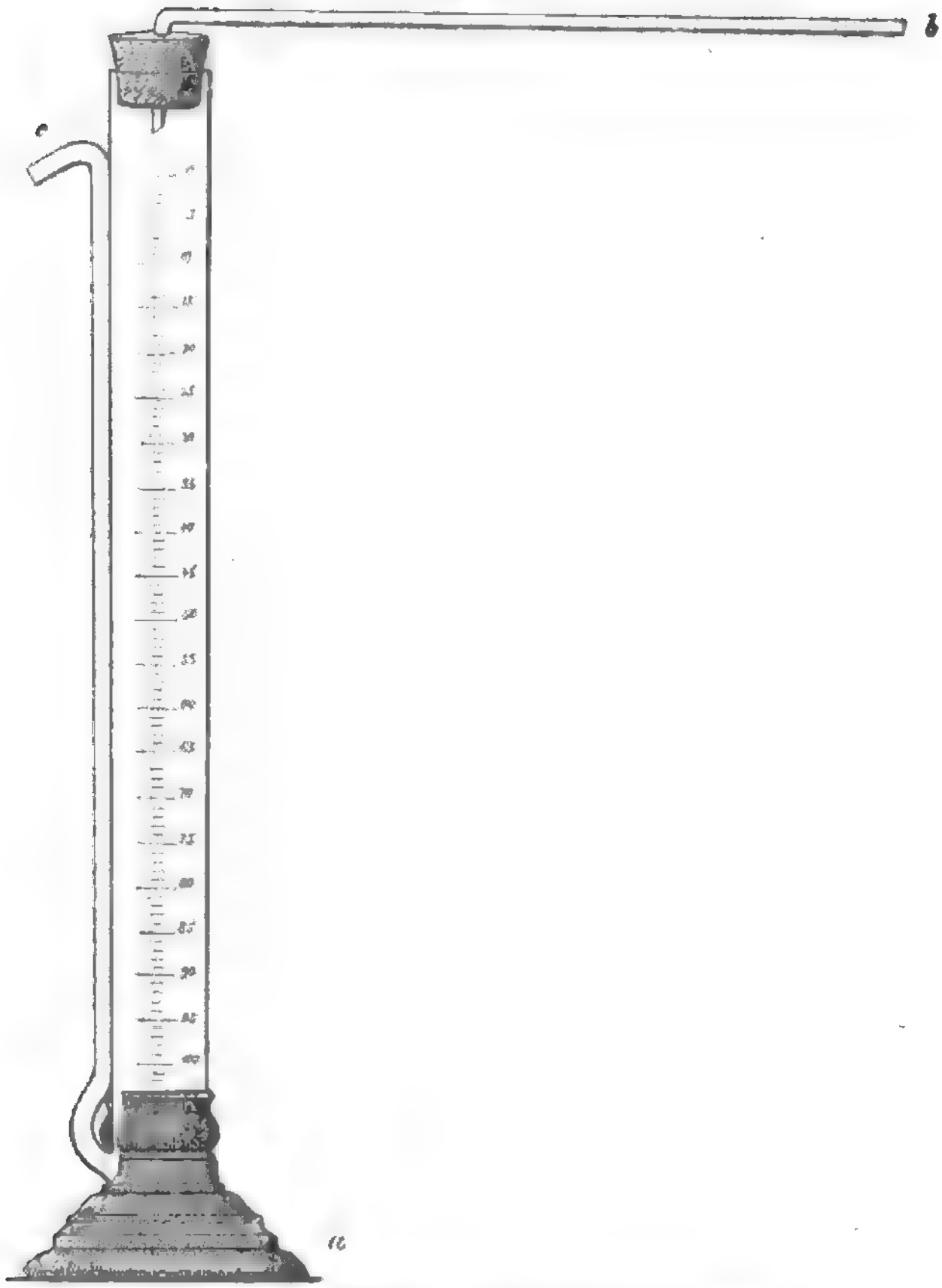
Harnstoffbestimmung.

955. Ein vortreffliches Reagens auf Harnstoff ist nach Liebig das salpetersaure Quecksilberoxyd, wodurch man den Harnstoff auf eine leicht ausführbare Weise quantitativ bestimmen kann, was für den practischen Arzt in vielen Fällen von unschätzbarem Werthe ist. — Man gebraucht dazu einen Cylinder, auf welchem Cubikcentimeter angegeben sind, ferner eine Bürette (Fig. 128), [1]) dann eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd (11,601 Grm. Silbersalz und 400 C. C. destillirtes Wasser), und endlich eine der Art titrirte Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, dass jeder C. C. genau ausreicht zur Fällung von 0,01 Grm. Harnstoff. Nach der Anleitung von Liebig kann jeder Apotheker diese Bestimmungs- (Titrir-) Flüssigkeiten

1) Man bedient sich statt der Bürette mit Fuss mit grösserm Vortheile der von Mohr angegebenen mit Quetschhahn, welche in einem Stativ steht, in welchem mehre, etwa sechs, Platz haben.

Digitized by Google

Figur 128.



Bürette nach Gay-Lussac und Mohr.
a Hölzerner Fuss; b Röhre zum Einblasen; c Tropfröhre.

bereiten, welche übrigens auch jetzt in den chemischen Fabriken vorräthig zu haben sind.

Von dem zu untersuchenden Harne nehme man eine gewisse Menge, z. B. 60 C. C. und füge hierzu $^1/_6$ (= 10 C. C.) einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Baryt und $^1/_3$ (= 20 C. C.) einer concentrirten Lösung von Barythydrat. Hierdurch entsteht eine Trübung, indem der Baryt die im Urine vorhandenen phosphorsauren und schwefelsauren Salze nebst Harnsäure zu Boden schlägt. (Der salpetersaure Baryt dient dazu, die Flüssigkeit nicht zu alkalisch werden zu lassen.) Hierauf wird die Flüssigkeit abfiltrirt und eine be-

Digitized by Google

stimmte Menge, z. B. 30 C.C., in welcher 20 Harn auf 10 Baryt sind, — abgemessen und so lange Salpetersäure zugetröpfelt, bis blaues Lackmuspapier geröthet wird. Dann wird so lange von der Silberlösung aus einer Bürette behutsam zugebracht, bis keine Fällung (Kochsalz) mehr erfolgt. Um nicht zuviel hinzuzuthun, mache man in einem Uhrglase von Zeit zu Zeit den Versuch mit einer kleinen Portion. Ist alles Kochsalz niedergeschlagen, so wird filtrirt. An der Bürette kann man natürlich sehen, wieviel Silberlösung verbraucht ist. Weil aber nicht mehr die ganze Menge der Flüssigkeit vorhanden ist, indem bei dem Probiren auf dem Uhrgläschen ein Theil verloren ging, so nehme man die Hälfte derselben, worin also in unserem Falle 10 Theile Harn, 5 Barytlösung und die Hälfte der nicht verbrauchten Silberlösung, die wir 10 setzen wollen. In einer Bürette ist eine genau gemessene Menge der titrirten Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd enthalten. Hiervon tröpfle man so lange in die Flüssigkeit, als noch ein dicker, weisser Niederschlag entsteht. Merkt man, dass die Grenze nahe ist, über welche hinaus kein Niederschlag mehr entsteht, so bringe man ein wenig der vorher wohl umgeschüttelten Flüssigkeit in ein Uhrglas und lasse vom Rande aus einen Tropfen einer concentrirten Lösung von kohlensaurem Natron hinzufliessen. Bleibt dadurch die weisse Flüssigkeit ungeändert, so muss man noch etwas salpetersaures Quecksilber hinzufügen. Die Prüfung wird so lange wiederholt, bis durch kohlensaures Natron die Flüssigkeit im Uhrglase gelb wird. Ist dies der Fall, so ist Quecksilber in der Flüssigkeit überschüssig und aller Harnstoff mit dem salpetersauren Quecksilber verbunden. So lange nämlich noch Harnstoff in der Flüssigkeit ist, verbindet sich derselbe mit dem Quecksilbersalze zu einer löslichen Verbindung. Ist jener hingegen vollständig niedergeschlagen, so tritt die Salpetersäure von dem Quecksilberoxyd zum Natron unter Entweichung der Kohlensäure und das Quecksilberoxyd fällt zu Boden. Daher entsteht die gelbe Färbung. An der Bürette liest man ab, wieviel von der Lösung des salpetersauren Quecksilberoxyds verbraucht ist. Jedes C. C. entspricht genau 0,01 Grm. Harnstoff.

956. Man kann auch ohne erheblich falsches Resultat zu bekommen, das Kochsalz und die phosphorsauren Salze ganz vernachlässigen und nach Mohr (Titrirmethode II, 212) so verfahren: Man lässt 10 C. C. Harn aus der Bürette in ein Becherglas ausfliessen, bringt sie unter die Bürette mit der salpetersauren Quecksilberoxydlösung und lässt so lange davon hinzu, bis eine kleine auf ein Uhrglas gegossene Menge Flüssigkeit mit einer Lösung von kohlensaurem Natron eine gelbliche Färbung erzeugt. Dies tritt erst nach einiger Zeit ein, weshalb man das Uhrglas ohne durch Rütteln zu mischen

Digitized by Google

eine Zeit lang ruhig hinstellt. Die verbrauchten Cubikcentimeter Quecksilberlösung durch 10 dividirt geben die Procente Harnstoff.

Harnstoffmenge im Urin.

957. Der Harnstoff enthält 46,7% Stickstoff (20 C, 6,6 H, 26,6 O). In 1000 Theilen Urin sind, nach den Angaben von Berzelius und Lehmann, gegen 30 Theile Harnstoff, welche Quantitäten natürlich geringer ausfallen, wenn viel Urin gelassen wird (12 und 15 nach Becquerel und Simon). In einem Tage werden bei gewöhnlicher Kost ungefähr 2 Loth (nahe 30 Grm.) Harnstoff entleert (Lehmann) und damit also über 220 Gran (an 14 Grm.) Stickstoff. Auf 1 Kilogr. Körpergewicht kommt ungefähr $^1/_3$ Grm. oder $5^1/_2$ Gran Harnstoff.

Ein Theil des Harnstoffs mag sich auch im Körper wieder zersetzen und Ammoniakverbindungen bilden. Doch ist dies noch problematisch.

Umstände, von welchen die Harnstoffmenge abhängt.

958. Die Menge des Harnstoffs im Urine hängt von zweierlei Umständen ab, 1) von der Menge, welche überhaupt bereitet wird, und 2) von der Menge, welche in die Harncanälchen gelangen kann; mit andern Worten: von der Zersetzung der stickstoffhaltigen Bestandtheile in Harnstoff und von der Aufnahmsfähigkeit der Nieren. Dass der Harnstoff ein Zersetzungsproduct der Protein- und leimgebenden Substanzen ist, möchte kaum zu bezweifeln sein, und somit kann man sagen, dass der Stickstoff desselben einen Bestandtheil dieser Stoffe ausgemacht hat, aber nicht aller Stickstoff geht als Harnstoff wieder aus dem Körper, s. p. 384. — Ob der Harnstoff schon im Blute entstehe, lässt sich mit Sicherheit nicht bestimmen. Unwahrscheinlich ist, dass aller Harnstoff, welcher abgeht, einen Bestandtheil geformter, organischer Substanz ausgemacht hat, indem man nicht annehmen kann, dass wenige Stunden nach einem reichlichen Mahle die Muskeln und andere Körpertheile eine so extensive Reproduction und Zersetzung durchgemacht haben sollen, da der Stoffwechsel in denselben (im ausgebildeten Körper) sehr langsam vor sich geht. Wir halten daher für wahrscheinlicher, dass aus den Stoffen, welche die Gefässwandungen durchdrungen haben und die Tränkungsflüssigkeit bilden helfen, schon ein Theil des Harnstoffs hervorgeht, während ein anderer den geformten Geweben nach ihrer Zersetzung seinen Ursprung verdankt.

959. Bei der Bildung von Harnstoff scheinen vorzüglich drei Gesichtspunkte ins Auge gefasst werden zu müssen: 1) der Zutritt von O, 2) die Menge des im Körper vorräthigen, zum Umsatz in Harnstoff geeigneten (also jedenfalls stickstoffhaltigen) Materials, 3) die bildende Kraft.

Harnstoffbildung durch Oxydation.

960. ad 1) Obwohl die Art der Entstehung des Harnstoffs noch unbekannt ist, so ist doch jedenfalls der Sauerstoff dabei sehr einflussreich. Bei Kaninchen, welche reines O einathmen, wird nach

Digitized by Google

Bernard [1]) der Urin sauer und reicher an Harnstoff. In Krankheiten, in welchen die Respiration beeinträchtigt ist, z. B. Lungenemphysem, mehrt sich die Ausscheidung von Harnsäure. Umgekehrt vermehrt das Einnehmen von Harnsäure den Harnstoff (Wöhler und Frerichs, [2]) Neubauer). [3]) In höherer Lufttemperatur, bei welcher weniger O geathmet wird, ist die Harnstoffmenge geringer (Kaupp). Durch Einwirkung stark oxydirender Mittel liefert die Harnsäure als letztes Product Harnstoff, CO^2 und Wasser.

961. Bei vermehrter Körperbewegung beobachteten Lehmann und Simon Zunahme des Harnstoffs. Von Voit's gegentheiligen Resultaten, mit denen auch die frühern von Draper [4]) übereinstimmen, war oben (p. 385) schon die Rede.

962. In der Nacht, wo weniger O eingeathmet wird, ist auch die Harnsecretion überhaupt und die aller festen Bestandtheile, namentlich auch des Harnstoffs, beträchtlich geringer.

963. ad 2) Der Einfluss der Nahrung auf die Harnstoffmenge hängt mit dem Gehalte an Stickstoff wesentlich zusammen. Wir geben hierzu einige Belege aus den Beobachtungen von Bischoff und Voit: [5])

Harnstoff abhängig vom verbrennbaren Körpermaterial.

Täglich wurde entleert, in Grammen, [6]) bei:

1) blosser Fleischkost von	Harnstoff
176 Grm.	26. 27
300 „	32
600 „	48. 49
900 „	65—69
1200 „	87—89
1500 „	108
1800 „	118—131
2000 „	128—161
2500 „	183

2) Kost von Fleisch	und Fett	Harnstoff
150	250	13 — 17
176	50	13 — 18

1) Bernard, Leçons sur les effets des subst. tox. Par. 1858, p. 130.

2) Wöhler und Frerichs in Liebig's Ann.

3) Neubauer in Liebig's Ann. XCIX.

4) Draper in Schmidt's Jahrb. 1856, No. 10.

5) Bischoff und Voit, Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. Leipzig u. Heidelberg 1860. — Bischoff, Harnstoff als Mass des Stoffwechsels. Giessen 1853.

6) Es sind blos die ganzen Zahlen angegeben, und bei länger dauernder Fütterung die Harnstoffmenge des ersten Tages weggelassen, weil der vorhergehende darauf Einfluss hat.

Digitized by Google

Kost von Fleisch	und Fett	Harnstoff
176	200	13 — 22
176	300	15 — 19
500	100	30 — 33
500	200	32 — 37
500	250	25 — 34
500	300	29 — 34
700	150	48 — 61
1000	150	67 — 80
1000	250	58 — 61
1500	150	102 — 114
1500	250	94 — 100
1500	350	97 — 110
2000	250	131 — 140

Derselbe Hund, welcher bei einer blossen Fleischfütterung von täglich 1800 Grm. in sieben Tagen 775 Grm. Fleisch ansetzte und bei einer gemischten Fütterung von 500 Grm. Fleisch und 250 Grm. Fett in 31 Tagen 1794 Grm. Fleisch ansetzte, in beiden Fällen also genügend ernährt wurde, entleerte im Mittel bei der ersten Fütterung täglich 121, bei der zweiten 31,6 Grm. Harnstoff.

Man sieht also, dass der Zusatz von Fett zum Fleisch im Ganzen keinen grossen Einfluss auf die Harnstoffentleerung hat; es wurde sogar in einer Versuchsreihe bei 176 Fleisch allein 26 bis 27 Harnstoff, bei 176 Fleisch nebst 50 bis 300 Fett nur 13 bis 19 Harnstoff, also beträchtlich weniger entleert. Auf diese auffallende Erscheinung machen die Verfasser p. 135 aufmerksam und erklären sie dahin, dass das Fett dem Körper den Umsatz erspare. Meine Erklärung ist folgende: Wenn dem Thiere nur 176 Grm. Fleisch gegeben wurden, so erhielt es nicht genug Kohle, um Respirationsmaterial in ausreichender Menge zu liefern. Sein Körper musste also noch Stoff hergeben und zwar vorwaltend stickstoffhaltigen, denn dieser hat das Übergewicht. Es wird eine relativ grosse Masse davon zersetzt und dadurch bildet sich eine grössere Quantität von Harnstoff, als wenn neben 176 Fleisch noch 300 Fett in den Körper kommen, wodurch der Kohlenverbrauch gedeckt wird, ohne den Körper anzugreifen.

964. Auch bei Menschen ist der Einfluss der animalischen Kost auf die Harnstoffentleerung unzweifelhaft. So entleerte Lehmann, [1]) als er 12 Tage blos animalische Kost zu sich nahm, anstatt wie früher 2 Lth., über $3^1/_2$ Loth. — Durch diese Menge von Harnstoff wurden 419 Gran Stickstoff ausgeführt. In der Nahrung waren 494 Gran Stickstoff

1) Lehmann in Wagner's Handwörterbuch II, 1, und Erdmann's Journ. XXV, 22; XXVII, 257.

Digitized by Google

enthalten. Die grösste Menge von Stickstoff aus den Nahrungsmitteln ging also durch den Urin weg, nämlich $^5/_6$. — Nach Gebrauch von Phosphorsäure (Böcker), Kochsalz (Boussingault, Kaupp), sowie nach vermehrtem Wassergenusse wird auch die Menge des Harnstoffs (Böcker, Bischoff) vermehrt, hingegen mindert sie sich durch Kaffee (Jul. Lehmann, Böcker). [1])

965. Pflanzenfressende Thiere haben weniger Harnstoff und Harnsäure im Urine, als fleischfressende. Bei jenen reagirt der Urin alkalisch, er hat einen grösstentheils aus kohlensaurem Kalk bestehenden Bodensatz und verbreitet einen üblen Geruch. Werden dieselben Thiere mit Fleisch gefüttert, so wird ihr Urin wieder sauer, ebenso wenn sie hungern, wo ihre eigenen Muskeln zersetzt werden (Bernard).

966. Der mehr stickstoffhaltigen Nahrung des männlichen Geschlechts zugleich mit der stärkeren Aufnahme von O ist es wahrscheinlich zuzuschreiben, dass Männer in der Regel mehr Harnstoff absondern, als weibliche Individuen (Beigel, [2]) Mosler l. c.).

Der Harnstoff im Urine wird vermehrt, wenn Harnstoff, Harnsäure, Kreatin, Glycin, Allantoin, Guanin, Thein, Leim den Nahrungsmitteln zugemischt werden. [3])

967. ad 3) Wo die bildende Kraft, d. h. mit andern Worten das Zellenleben sich reger und lebendiger zeigt, da geht auch die Zersetzung rascher vor sich. Es wird mehr CO_2 und Wärme erfordert und mehr Harnstoff entleert. Auf 1 Kilogramm Körpergewicht wurden in 24 Stunden Harnstoff entleert in Grammen:

bei einem	Knaben	von	7	Jahren	0,457	Scherer [4])
„ „	Manne	„	22	„	0,430	
„ „	„	„	38	„	0,426	

Rummel [5]) fand zwar, dass weniger Harnstoff bei einem 3jährigen als bei einem 4jährigen Kinde auf 1 Kilogramm Körpergewicht kam, jedoch muss man beachten, dass das Alter allein nicht massgebend

---

1) Böcker in Acta Leop. XXV, und Prag. Vierteljahrsschrift 1854, IV. Archiv für wiss. Heilk. 1853, I, 2. — Kaupp, Archiv für phys. Heilk. XIV, 385. — Jul. Lehmann, Ann. der Chem. LXXXVII, 205.

Über den Harnstoff nach dem Genusse trockner und feuchter Nahrungsmittel vgl. Mosler, Beitr. zur Kenntn. der Urinabsond. Giessen 1853. — Genth, Über den Einfluss des Wassertrinkens. Wiesbaden 1856.

2) Beigel, Acta Leop. XXV.

3) Vgl. Wöhler und Frerichs, Ann. der Chem. LXV. — Michaelis in Virchow's Archiv X. — C. G. Lehmann, Phys. Chemie und Zootomie, p. 321 u. 393. — Gallois, C. r. 1857.

4) Scherer in Würzb. Verh. III, 180.

5) Rummel, ebendas. 1855, V, 116.

Digitized by Google

ist, sondern auch die gesammte Ernährung. Auch bei seinen Beobachtungen, welche wir im Folgenden übersichtlich geben, ist ein grosser Unterschied zwischen 3—5jährigen und 18jährigen oder noch ältern Individuen.

	Harn in 24 Stunden.	Wasser.	Feste Stoffe.	Anorganische Stoffe.	Harnstoff.	Harnsäure, Schleim.
	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.	Grm.
A. Knaben von 3 J. 24¼ Pfd. Körpergewicht	904,00	874,26	29,74	13,00	13,57	3,17
B. Knabe von 4 J. 25¾ Pfd. Körpergewicht	792,00	758,04	33,96	14,12	15,59	4,25
C. Mädchen von 5 J. 30 Pfd. Körpergewicht	722,00	680,98	41,02	15,88	18,22	6,92
D. Jüngling von 18 J. 105 Pfd. Körpergewicht	2554,00	2472,43	81,57	33,55	36,52	11,50
E. Mann von 31 J. 136 Pfd. Körpergewicht	2390,00	2318,41	76,59	21,98	39,28	15,33
F. Greis von 65 J. 104 Pfd. Körpergewicht	4451,00	2396,63	54,37	12,89	19,17	12,31

1000 Theile Urin enthielten hiernach in Grammen:

	Harn in 24 Stunden.	Wasser.	Feste Stoffe.	Anorganische Stoffe.	Organische Stoffe.	Harnstoff.	Harnsäure, Schleim.
A.	—	966,39	33,61	14,7	18,91	15,34	3,57
B.	—	955,89	44,11	18,35	25,76	20,25	5,51
C.		941,23	57,77	22,76	36,01	26,11	9,90
D.	—	967,37	32,63	13,42	19,21	14,61	4,60
E.	—	967,95	32,05	9,2	22,85	16,44	6,41
F.	—	977,39	22,61	5,25	17,36	7,82	9,54

Auf 1 Pfd. Körpergewicht kamen in 24 Stunden bei:

A.	37,276	36,05	1,926	0,536	—	0,559	0,130
B.	30,748	29,43	1,318	0,548	—	0,605	0,165
C.	24,027	22,66	1,367	0,529	—	0,607	0,230
D.	24,316	23,74	0,776	0,319	—	0,347	0,109
E.	17,573	17,01	0,563	0,161	—	0,288	0,112
F.	23,663	23,14	0,523	0,124	—	0,184	0,214

Zu demselben Resultate gelangte auch Bischoff.

968. Gerade so, wie das Athmen und der Pulsschlag in verschiedenen Tageszeiten auch ohne Nahrungsaufnahme variiren, so auch die Harnstoffmenge.

969. Harnstoff in vielem Wasser gelöst, zersetzt sich bei Zusatz organischer Stoffe nach einiger Zeit in kohlensaures Ammoniak, indem zwei Äquivalente Wasser hinzutreten. Kohlensaures Ammoniak verbreitet einen übeln Geruch und braust mit Säuren auf. Diese

Digitized by Google

Erscheinungen sind bekanntlich dem Urine eigen, wenn er eine Zeit lang stehen bleibt. — Auch durch Erhitzen des Harnstoffs mit starken Mineralsäuren oder Ätzkali erfolgt dieselbe Zersetzung.

970. Harnsäure (C_{10} H_4 O_6 N_4) stellt gereinigt ein weisses Pulver dar, welches, mit einer geringen Menge von Salpetersäure und Wasser gelinde erhitzt, beim Verdunsten unter Zusatz von einem Tropfen Ammoniak purpurroth wird; es entsteht Murexid. Berührt man die Masse mit einem in Kali getauchten Glasstab, so erhält man einen purpurblauen Fleck. — Harnsäure reducirt kohlensaures Silber schon in der Kälte, und färbt dadurch das weisse Silbercarbonat grau. Es ist dies ein sehr empfindliches von H. Schiff [1]) entdecktes Reagens. Die Harnsäure gebraucht 10,000 Theile Wasser zur Lösung und ist in starkem Alkohol unlöslich, während es in Verbindung mit Alkalien und besonders durch Zusatz von saurem phosphorsaurem Natron leichter löslich wird. Da das letztgenannte Salz in der Wärme mehr Harnsäure gelöst enthält, als in der Kälte, so fällt häufig ein harnsaures Salz (Natron) zu Boden und bildet das rothe Pulver, welches sich an das Uringefäss ansetzt. Harnsäure.

971. Die Harnsäure kommt zuweilen in Krankheiten krystallisirt im Urine vor, in Form von rhombischen Prismen und rectangulären Tafeln, oder in Form von Tönnchen, und zeigt sich dann in der Regel gelb gefärbt. Noch häufiger ist die Verbindung von Harnsäure mit Natron und Ammoniak. Das harnsaure Natron zeigt sich in den Sedimenten in der Regel amorph, in kleinen schwarzen Körnchen. Das im erkalteten Harn sich bildende lehmfarbige Sediment wird durch Erwärmen, auch durch Kali vollständig gelöst. Das harnsaure Ammoniak findet sich hauptsächlich im faulenden Urine.

Figur 129.

Krystalle von Harnsäure.

972. Die Harnsäure enthält über 33% Stickstoff. — Bei gewöhnlicher Kost entleerte Lehmann täglich über 19 Gran Harnsäure; sie nimmt wie der Harnstoff bei animalischer Kost zu, bei vegetabilischer ab, jedoch nicht in demselben Verhältnisse wie dieser. Lehmann entleerte

	an Harnstoff:	an Harnsäure:
bei gemischter Kost	32,498 Grm.	1,183. Grm.
bei blos animalischer Kost .	53,198 „	1,478 „
bei blos vegetabilischer Kost	22,481 „	1,021 „
bei ganz stickstofffreier Kost	15,408 „	0,735 „

1) H. Schiff in Ann. der Chem. CIX, 65.

Digitized by Google

Meistens entleert jedoch bei gewöhnlicher Kost ein erwachsener Mann täglich nicht mehr, als ½ Grm. Man beobachtet, dass wenn mehr Nahrung eingenommen wird, als assimilirt werden kann, sehr gewöhnlich harnsaure Salze im Urine in grosser Menge erscheinen. Wird Harnsäure einem Thiere eingegeben, so vermehrt sich der Harnstoff (Wöhler und Frerichs). Bei neugeborenen Kindern findet man sehr häufig in den Harncanälchen Harnsäure (Cless). Diese Thatsachen haben zu der Annahme geführt, dass der Harnstoff ein höherer Grad einer Spaltungserscheinung ist, als die Harnsäure. — In fieberhaften Krankheiten mehren sich gewöhnlich die Niederschläge von harnsauren Salzen; der wasserarme Urin von Vögeln und Schlangen ist reich daran. Nach starkem Wassergenuss verliert sich aus dem menschlichen Harn die Harnsäure fast ganz (Genth).

Hippursäure. 973. Die Hippursäure (C_{18} H_9 N O_6), welche man früher blos als Bestandtheil des Urins von Kindern betrachtete, findet sich, nach Liebig, [1]) auch im Urine von Erwachsenen. Man erhält sie durch Zusatz von Salzsäure und Äther zu dem zur Syrupsdicke verdampften Urin. In der sich bildenden obern Schicht der Flüssigkeit ist die ätherische Lösung von Hippursäure und Harnstoff. Letzteren entfernt man durch geringe Mengen von kaltem Wasser, da die erstere 1000 Theile zur Lösung bedarf. Nach dem Verdunsten des Äthers reinigt man den Rückstand durch Kohle.

Traubenzucker. 974. Dass Traubenzucker im normalen Urine vorkommt, schloss Brücke aus seinen Untersuchungen, während der Stoff, welcher die Zuckerreaction gibt, von andern Forschern für Harnsäure gehalten wird. [2])

Milchsäure. 975. Die Milchsäure, von welcher man früher die saure Reaction des Urins ableitete, ist nie aus dem Urine dargestellt worden. Sie lässt sich, nach Liebig, auch weder im frischen Urine, noch im faulenden, wo ihre Menge sich noch vermehren müsste, durch irgend ein Reagens (Baryt, Magnesia, Zinkoxyd) erkennen. Nach Lehmann soll jedoch sich zuweilen Milchsäure im Urine finden, wenn viel milchsaure Salze ins Blut kommen. Auch Boussingault wies im Urine von Kühen, Pferden und Schweinen milchsaure Salze nach.

Phosphorsaure Salze. 976. Die Eigenschaft des sauren phosphorsauren Natrons, Hippursäure und Harnsäure gelöst zu erhalten, wurde schon erwähnt. — Ausser diesem phosphorsauren Salze enthält der Urin immer, wenn auch nur in geringer Menge, phosphorsaure Erden, nämlich phos-

1) Liebig, Ann. der Chem. 1844.

2) Man vgl. Brücke in Wiener Sitzungsber. XXIX. — Babo u. Meissner in Zeitschr. für rat. Med. 3. Reihe II, 321. — Blot, C. r. XLIII. — Leconte, ib. XLIV.

Digitized by Goo

phorsauren Kalk und phosphorsaure Magnesia. Sie sind im sauren Harn gelöst, fallen nieder, wenn er alkalisch wird. Über die Menge der entleerten Erdphosphate sind viele Untersuchungen von Böcker, Benecke, Lehmann, Neubauer [1]) u. A. angestellt. Die Nahrungsmittel haben einen grossen Einfluss. Im Mittel von 52 Beobachtungen fand Neubauer bei Erwachsenen, welche gemischte Kost nahmen, in 24 Stunden 0,9441 bis 1,012 Grm., und zwar 0,31 bis 0,37 Grm. phosphorsauren Kalk, 0,64 Grm. phosphorsaure Magnesia. Die letztere verbindet sich mit Ammoniak zu einem unlöslichen, in Prismen krystallisirenden Tripelsalze, der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia. Sobald sich Ammoniak im Urine bildet, was immer beim längern Stehen geschieht, entsteht eine Trübung, welche sich theils (vom Schleime gehalten) an der Oberfläche des Urins als Häutchen zeigt, theils als Bodensatz. Das schillernde Häutchen des stehen gebliebenen Urins rührt zum Theil von diesem Salze her. — Es versteht sich von selbst, dass die Bildung dieser Krystalle von der Menge der phosphorsauren Magnesia abhängt, Wenn dieses Salz zum grössten Theil durch den Darm weggeht, so zeigen sich die Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia wenig oder gar nicht im Urine und reichlich im Darme. Von der Schnelligkeit der Darmbewegung hängt daher wesentlich die genannte Krystallbildung im Urine ab, vorausgesetzt, dass die andere Bedingung, das Ammoniakalischwerden, vorhanden ist. Der basisch phosphorsaure Kalk (Knochenerde) wird löslich durch Säuren, selbst durch Kohlensäure, d. h. als saurer phosphorsaurer Kalk, wesshalb man die Knochen in verdünnter Salzsäure und selbst in kohlensäurehaltigem Wasser auflösen kann. Als saurer phosphorsaurer Kalk ist dieses Salz im Urine. Sobald durch den Zusatz irgend eines Alkali's die Säure abgestumpft wird, so fällt der basisch phosphorsaure Kalk, welcher unlöslich in Wasser ist, zu Boden. Daher ist jeder Urin, welcher alkalisch reagirt, trübe, ohne dass die Trübung einen Überschuss von phosphorsaurem Kalke anzeigt. Das vorhin erwähnte Häutchen des Urins enthält gleichfalls phosphorsauren Kalk, und zwar viel mehr, als Tripelsalz.

Figur 130.

Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia.

Die Phosphorsäure nimmt nach Mosler [2]) im Urine nach geistigen Anstrengungen zu; die phosphorsauren Alkalien und die Harn-

1) Vgl. Benecke, Der phosphors. und oxals. Kalk. Gött. 1850. — Neubauer, Harnanalyse, p. 50.

2) Mosler, Urinabsonderung bei gesunden, kranken und schwangern Pers. Giessen 1854.

Digitized by Google

säure nach Böcker [1]) durch den Schlaf ab, während die phosphorsauren Erden und die meisten festen Bestandtheile zunehmen.

Schwefelsaure Salze.

977. Im Urine sind mehr phosphorsaure und schwefelsaure Salze enthalten, als im Blute (Berzelius). Da nun Phosphor und Schwefel Hauptbestandtheile von Faserstoff, Eiweissstoff und Käsestoff sind, so lässt sich vermuthen, dass, während jene Stoffe im Körper sich zersetzen, auch Schwefelsäure und Phosphorsäure sich bilden, welche, mit Kalien verbunden, eben so rasch wie der Harnstoff zu den Nieren übergeführt werden und desshalb im Blute nicht nachweisbar sind. — Nach Denis enthalten 1000 Theile Blut 0,7 schwefelsaures Natron und ebenso viel schwefelsaures Kali. Nach Berzelius enthält der Urin 3,16 vom ersteren und 3,71 vom letzteren Salze. Nach Lehmann werden täglich bei gemischter Kost entleert 115 Gran schwefelsaure Alkalien, bei animalischer Kost (Eiern) 170 Gran. — Phosphorsaure Salze, phosphorsaures Natron und phosphorsauren Kalk enthält das Blut in 1000 Theilen 0,52 (Denis), der Urin 3,94 (Berzelius), wozu noch nicht das zweifach phosphorsaure Ammoniak mit 1,65 gerechnet ist. Lehmann entleerte täglich 4,770 Gran phosphorsaure Salze; bei animalischer Kost 8,983 Gran.

Chlornatrium.

978. Der Gehalt von Chlornatrium im Urine ist sehr verschieden und hängt von den Speisen und Getränken ab. Je mehr dieselben davon enthalten, desto mehr findet sich im Urin. Kochsalzlösung diffundirt leicht und deshalb erregt es erst in grösserer Menge Durchfall (nach Kaupp bei 34 Grm.). Der grösste Theil des genossenen Kochsalzes wird durch den Urin wieder aus dem Körper entfernt, jedoch nicht alles. Wenn z. B. Kaupp 28,7 Grm. Salz zu sich nahm, so entleerte er 24,06. Ein Theil geht durch Koth und Schweiss ab. Wird die Kochsalzmenge in der Nahrung sehr vermindert, so findet sich im Urine mehr, als eingenommen wurde, z. B. bei 1,5 Grm. Kochsalz in der Nahrung 3,77 im Urine. Wahrscheinlich diffundirt Salz aus den Geweben in das durch das salzarme Wasser gleichfalls salzärmer gewordene Blut. [2]) Krystallisirt Harnstoff mit Kochsalz, so ändert sich die Krystallisationsform des letztern, es entstehen nämlich Octaëder.

979. In der Asche des Urins findet sich auch nicht selten eine geringe Menge von Eisen (Böcker, Harley).

---

1) Böcker in Archiv für gemeinsch. Arb. II.

2) Man vgl. über das Kochsalz im Urine die citirten Schriften von Mosler, Bischoff, Böcker, Bidder und Schmidt; ferner Hegar, Aussch. der Chlorverb. durch den Harn. Giessen 1852. — Wundt in Scherers Jahresber. 1853. - Kaupp in Archiv für phys. Heilk. 1855, XIV, 385. — Hinkelbein, Übergang des Chlornatr. in den Harn. Marb. 1859.

Digitized by Google

980. Nach dem Genusse von weinsauren, äpfelsauren, citronensauren und essigsauren Salzen wird der Urin alkalisch, weil sich die genannten Säuren in Kohlensäure umwandeln und als kohlensaure Salze entleert werden. Jod wird im Körper in Hydriodsäure umgesetzt und geht in Form eines hydriodsauren Salzes ab; Schwefel in Schwefelsäure und Hydrothionsäure, hydrothionsaures Kali in schwefelsaures Kali (Wöhler).[1]) Benzoësäure, welche stickstofflos ist, geht in die stickstoffhaltige Hippursäure über (Ure) und Zimmtsäure gleichfalls in Hippursäure (Marchand). Nach dem Genusse frischer Pflaumen soll nach Duchek im Urine gleichfalls Hippursäure sich finden.

Stoffe, welche nicht in den Urin übergehen.

981. Im Urine finden sich nicht wieder: Weingeist, Schwefeläther, Kampher, Moschus (Wöhler).[2]) Wenn Hunde mit Zucker gefüttert werden, so habe ich ihn bei diesen häufig in dem Urine wiedergefunden.

Wird Rohr- oder Traubenzuckerlösung in die Adern eines lebendigen Thieres in grösserer Menge eingespritzt, so zeigt sich der Urin zuckerhaltig. — Nach Kölliker und Müller geht auch Eisen in den Harn über.

Stoffe, welche in den Urin übergehen.

982. Die meisten Mittelsalze und Farbestoffe (mit Ausnahme von Lakmus, Cochenille, Saftgrün und Alkanna) gehen in den Urin über (Wöhler).

Zeitdauer zwischen dem Genusse und dem Übergange in den Urin.

983. Die Zeitdauer, welche zwischen dem Genusse gewisser Stoffe und ihrer Erscheinung im Urine vergeht, hat Stehberger bestimmt. Färberröthe und Indigo zeigten sich im Urine nach 15 Minuten, Rhabarber und Gallussäure nach 20, Campecheholzabkochung nach 25, färbender Stoff der Heidelbeeren nach 30, der schwarzen Kirschen nach 45 Minuten, blausaures Eisenoxydulkali nach 60 Minuten. Westrumb erkannte sogar schon nach 5 Minuten im Urine Rhabarber wieder, den er genommen hatte. Wenn hingegen diese Stoffe anstatt in den Mund, unter die Haut gebracht werden, so erfolgt

---

1) Untersuchungen über die Wirkungen der Phosphorsäure auf den Urin haben Breed in Ann. der Chem. LXXVIII, Böcker, Archiv für gemeins. Arb. II, u. A., und über die Schwefelsäure Clare (De excr. ac. sulph. per urinam. Diss. Dorp. 1854) angestellt. Der Einfluss von Säuren, welche eingenommen werden, auf die Säure des Urins wurde von Eylandt (De acid. sumpt. vi in urinae acor. Dorp. 1854) geprüft.

2) Wöhler in Tiedemann's Zeitschr für Phys. I, 305. — Stehberger, ebendas. II, 47. — Vgl. ferner Wöhler und Frerichs in Ann. d. Ch. LXV. — Neubauer, ebendas. XCIX. — Piotrowsky, Diss. de quor. acid. organ. in organ. mut. Dorp. 1856. — Magawly, De ratione, qua nonnulli sales in tractu intest. mut. Dorp. 1856. — Meissner, Jahresber. 1856, p. 268. — Die Untersuchungen von Piotrowsky und Magawly stimmen nicht mit denen von Wöhler überein.

Digitized by Google

der Übergang in den Urin viel rascher; so schon nach wenigen Minuten das blausaure Eisenoxydulkali. — Das Jod, als Jodkalium eingenommen, zeigt sich später im Urine, als im Speichel, lässt sich aber noch länger als 24 Stunden darin nachweisen. — Über den Übergang von Gallensäuren in den Harn sind Beobachtungen von Frerichs, Kühne und Städeler gemacht worden, welche keine übereinstimmenden Resultate geliefert haben. Sie gehen nach Frerichs nicht in den Urin über, was neuerdings durch sehr genaue Versuche von Staedeler bestätigt wird. Kühne hingegen will sie im Urine gefunden haben [1]).

Unterschied des Urins bei beiden Geschlechtern.

984. Der Urin des männlichen und weiblichen Geschlechts unterscheidet sich dadurch, dass in jenem um $^1/_4$ bis $^1/_2$ mehr Harnstoff als in diesem, auch meist mehr Harnsäure und Salze enthalten sind (Lecanu, Becquerel). Dieser Unterschied, welcher nicht constant sein kann, rührt von dem Verhältnisse der Bestandtheile der Nahrung her.

Reaction des Urins.

985. Der frisch gelassene Urin gesunder Menschen ist in der Regel sauer, wenn nicht durch den Genuss pflanzensaurer Alkalien diese sich in kohlensaure umgewandelt und den Harn alkalisch gemacht haben. Bei Rückenmarkslähmungen hat man häufig alkalischen Urin beobachtet. Ich erinnere mich eines sehr eklatanten Versuches bei einem starken Hunde, dem ich das Lendenmark durchschnitten hatte. Sein Urin, vorher wie gewöhnlich sauer, wurde bald alkalisch und es setzte sich in demselben ein ganz weisses Sediment von phosphorsaurem Kalke ab. . Die saure Reaction rührt nach Kölbig von saurem phosphorsaurem Natron her, welches in dem Urine vorkommt. Dies gibt ein Aequivalent Natron an die Harnsäure im Urine ab. Jedoch ist nicht ausgemacht, ob davon allein die saure Reaction des Harns herrührt. [2]) — Bleibt der Urin stehen, so fällt sehr gewöhnlich ein rother Bodensatz nieder, nämlich: harnsaures Natron. Dies rührt zum Theil von der Abkühlung her, besonders aber von der Umwandlung des farbigen Extractivstoffs im Urin. — Durch diesen bleibt eine grössere Menge harnsauren Natrons im Urine gelöst. Der Einfluss der Atmosphäre wandelt den Farbestoff um, und dadurch wird der Niederschlag bewirkt (Lehmann). [3])

Wenn der Urin eine kurze Zeit steht, so bildet sich in ihm eine mehre Tage, selbst einige Wochen dauernde Gährung (Scherer). [4])

---

1) Vgl. Städeler in Archiv für Anat. 1860.
2) Vgl. Lehmann, Phys. Chemie II, 399.
3) Lehmann in Göschen's Jahresbericht 1844, II, 26. Phys. Chem. II, 401.
4) Scherer in Ann. der Chem. XLII, 171. Mikr. und chem. Unters. zur Path. Heidelberg 1843.

Wahrscheinlich wirkt der Harnblasenschleim, welcher mit dem Harn entleert wird, als Ferment und es bildet sich Milchsäure und Essigsäure. Die saure Gährung, durch welche der Urin noch saurer wird, als er war, wird durch Alkohol, Kochen, Abfiltriren des Schleims unterbrochen.

Allmählig schwindet die Säure, der Harn wird neutral, dann alkalisch, es entstehen Tripelphosphate, die phosphorsauren Erden werden basisch und bilden ein Sediment oder ein Häutchen und Krystalle von harnsaurem Natron, welches in schwarzen runden mit Spitzen besetzten Kugeln krystallisirt. Der Harnstoff hat sich in kohlensaures Ammoniak umgesetzt. Eine grosse Menge von Infusorien bemerkt man in dem auf dem Harne sich zeigenden Häutchen. Zuweilen entstehen die Infusorien sehr rasch im Urine, auch wenn die Fäulniss noch nicht weit vorgerückt ist. Es ist mir ein Fall bekannt, in welchem von einem Arzte ein solcher Urin mit Vibrionen für samenhaltig angesehen wurde.

Urina potus, sanguinis, chyli.

986. Der kurze Zeit nach dem Genusse von Flüssigkeiten gelassene Urin ist heller als später und enthält weniger feste Substanzen, urina potus. Der am Morgen nach dem Aufstehen gelassene Urin ist hingegen dunkler und dichter, urina sanguinis. Zwischen beiden steht der einige Stunden nach dem Essen gelassene, urina chyli genannt.

Wassermenge im Urine.

987. Das specifische Gewicht des gesunden Morgenurins ist 1,03 bis 1,005. In 1000 Theilen Urin sind enthalten 933 Theile Wasser (Berzelius). Täglich werden etwa 27 bis 36 Unzen (= $^3/_4$ bis 1 pr. Quart) Wasser durch den Urin entleert, ungefähr die Hälfte des durch die Nahrung (zu 5 Pfund gerechnet, also 4 Pfund = 64 Unzen Wasser) genommenen Wassers.

Urinmenge.

988. Die Quantität des täglich entleerten Urins ist ausserordentlich verschieden. Sie hängt wesentlich von drei Umständen ab, nämlich: 1) von der Menge des eingebrachten Wassers. Wenn z. B. unter übrigens gleichen Verhältnissen 1260 Grm. und wieder 3360 Grm. Wasser in einem Tage getrunken wurden, so betrug in jenem Falle die Urinmenge 2621 Grm., in diesem 4994 Grm. (Böcker); 2) von der Menge stickstoffhaltiger Nahrung. Bei einer Katze (von $4^1/_2$ Pfd.), welche blos Fleisch und Fett zur Nahrung erhielt, betrug die tägliche Urinmenge auf 1 Kilogrm. Körpergewicht berechnet 91,036 Grm. (Bidder und Schmidt). [Wenn ein Mensch etwa täglich 1 bis $2^1/_2$ Kilogramm Urin entleert, so kommt bei 67 bis 70 Kilogramm Körpergewicht auf 1 Kilogramm 15 bis 23 Grm.] Bei einem Pferde von 855 Pfd., welches Heu und Hafer erhielt, betrug die tägliche Urinmenge (8 bis 12 Pfd.) auf 1 Kilogramm Körpergewicht nur 9 bis 14 Grm. (Valentin). Die Katze erhielt täglich auf 1 Kilogramm

Digitized by Google

Körpergewicht 164,45 Grm. Nahrung und darin 3,952 Grm. Stickstoff, das Pferd erhielt täglich 42 Kilogrm., also auf 1 Kilogramm Körpergewicht 98 Grm. Nahrung [1]) und darin 0,38 Grm. Stickstoff. Auf 100 Theile Nahrung entleerte die Katze 55,8, das Pferd hingegen nur 9,1—14,2 Urin. Bei blos animalischer Kost (täglich 1233,6 Grm. Eier) entleerte ein Mensch 1202,5 Grm. Harn, bei vegetabilischer Kost, deren Quantität gewiss grösser war, als $2^2/_5$ Pfd., hingegen nur 909 Grm. (Lehmann); 3) von der Wassermenge, welche auf anderm Wege, wie durch Haut, Lungen, Darm, aus dem Körper geht, daher wird im Sommer bei starker Hautausdünstung weniger Urin, als im Winter gelassen, ebenso bei trockener Luft, wässerigen Durchfällen u. s. w.

2) Ansammlung des Harns in der Blase und Entleerung desselben nach Aussen.

989. Aus den Harncanälchen fliesst der Urin in die weitern Räume der Nierenkelche und des Nierenbeckens. Die Kelche sind immer mit Harn gefüllt, wodurch die Papillen zusammengepresst werden und ein Rückfliessen desselben in die Canälchen verhindert wird (E. H. Weber). Die Harnleiter haben eine Muskelhaut, welche aus einer innern querverlaufenden und einer äussern Längsfaserschicht besteht und sich von den Kelchen bis zur Blase erstreckt, in deren Nähe die letztere das Übergewicht hat. Sie zeigt nach Donders Angabe peristaltische Bewegungen, welche sich von Stelle zu Stelle gegen die Blase hin fortpflanzen und wodurch die Harnleiter abwechselnd verengt und erweitert werden. So gelangt der Urin aus dem Nierenbecken in dieselben. Bei jeder Erweiterung im Anfange des Ureter dringt die Flüssigkeit in sie ein. Die Contractionen zeigen sich jedoch nicht immer spontan, sondern sind oft gar nicht wahrzunehmen. Reize vermehren sie zwar, jedoch mitunter sehr unmerklich.

Ausser dieser Bewegungsursache ist noch eine andere vorhanden, nämlich der Blutdruck, welcher auf die innere Wandung der Gefässe des glomerulus wirkt. Hierdurch wird die bereits in den Capseln und Harncanälchen vorhandene Flüssigkeit durch die nachdringende fortgeschoben (Löbell). [2])

990. Beobachtungen an missgebildeten Menschen mit umgestülpter hinterer Wand der vorliegenden Blase haben Gelegenheit zum Studium des Urinausflusses aus den Ureteren, deren Mündungen frei daliegen, gegeben. Nach Mulder [3]) werden in einer Stunde 80 Tropfen

1) Nämlich 23,4 Grm. Heu, 4,6 Grm. Hafer. — Im Heu sind 1,29% Stickstoff, in dem Hafer 1,8% N. (Boussingault), also in jener Ration 0,3 + 0,08 = 0,38.

2) Löbell, De condit., quibus secret. in gl. perfic. Marb. 1852.

3) Mulder in Nederl. Lancet. 2. Ser. I, 611.

Digitized by Google

entleert. Die Öffnungen erheben sich, man sieht deutliche Bewegungen der Harnleiter, dann schliessen sie sich wieder. Zuweilen dringt ein kleiner Strahl hervor. Genuss von Flüssigkeit hat einen deutlichen Einfluss. Auf beiden Seiten erfolgt die Entleerung nicht gleichzeitig.

991. In der Blase verweilt der Urin, ohne dass man eine Zeit lang irgend welche Empfindung davon hat. Erst wenn jene bis zu einem gewissen Grade gefüllt ist, entsteht ein eigenthümliches Gefühl, welches im höhern Grade selbst quälend werden kann. Dieses Gefühl spricht sich am deutlichsten nicht in der Gegend der Harnblase oder des Anfangstheiles der Harnröhre, sondern an der Eichel aus. — Bekanntlich kann man die Entleerung des Urins willkürlich zurückzuhalten. Je länger der Harn zurückgehalten wird, desto stärkerer Anstrengung bedarf es und man fühlt nun deutlich eine Zusammenziehung ungefähr in der Gegend der Blasenmündung.

In dem angegebenen Falle ist also die Entleerung oder wenigstens der Trieb dazu eine Folge der Anfüllung der Blase und ohne Zweifel des Druckes, welchen die Flüssigkeit auf gewisse Blasentheile ausübt. Wenn der willkürlich herbeigeführte Widerstand bei gefüllter Blase nicht in Anwendung gebracht wird, so fliesst der Urin aus.

992. Die Zurückhaltung des Urins in der Blase, sowie die Entleerung müssen in zweierlei Weise betrachtet werden. Sie haben nämlich eine mechanische und eine organische Ursache. Erstere beobachtet man an Leichen. Wenn man nämlich in den Ureter einer menschlichen Leiche Wasser einspritzt, [1]) so füllt sich von unten aus nach oben zu die Blase, es fliesst aber kein Wasser aus der Harnröhre aus. Erst wenn eine bedeutende Füllung erfolgt ist, also der Druck beträchtlich zugenommen hat, geschieht dieses. Ist aber ein Theil des Wassers entleert, so bleibt noch ein guter Rest zurück, ja man kann nun die Blase ausschneiden, ohne dass der Inhalt sich ganz entleert. Um die Ausleerung zu bewirken, bedarf es eines Druckes. Die geeignetste Weise denselben anzubringen, besteht darin, dass man den Grund der Blase aufhebt und dann irgendwo an einer andern Stelle comprimirt. Je nach der Stärke des Druckes erfolgt in einem stärkern oder geringern Strahle der Ausfluss. Hebt man die Blase, ohne sie zu comprimiren, oder comprimirt man sie, ohne sie zu heben, so ist die Wirkung gering oder gar nicht vorhanden. Hieraus ist ersichtlich, dass das Zurückhalten des Urins in der Blase bis zu einem gewissen Grade von Ausdehnung derselben auch ohne lebendige Zusammenziehung irgend einer Muskelpartie möglich

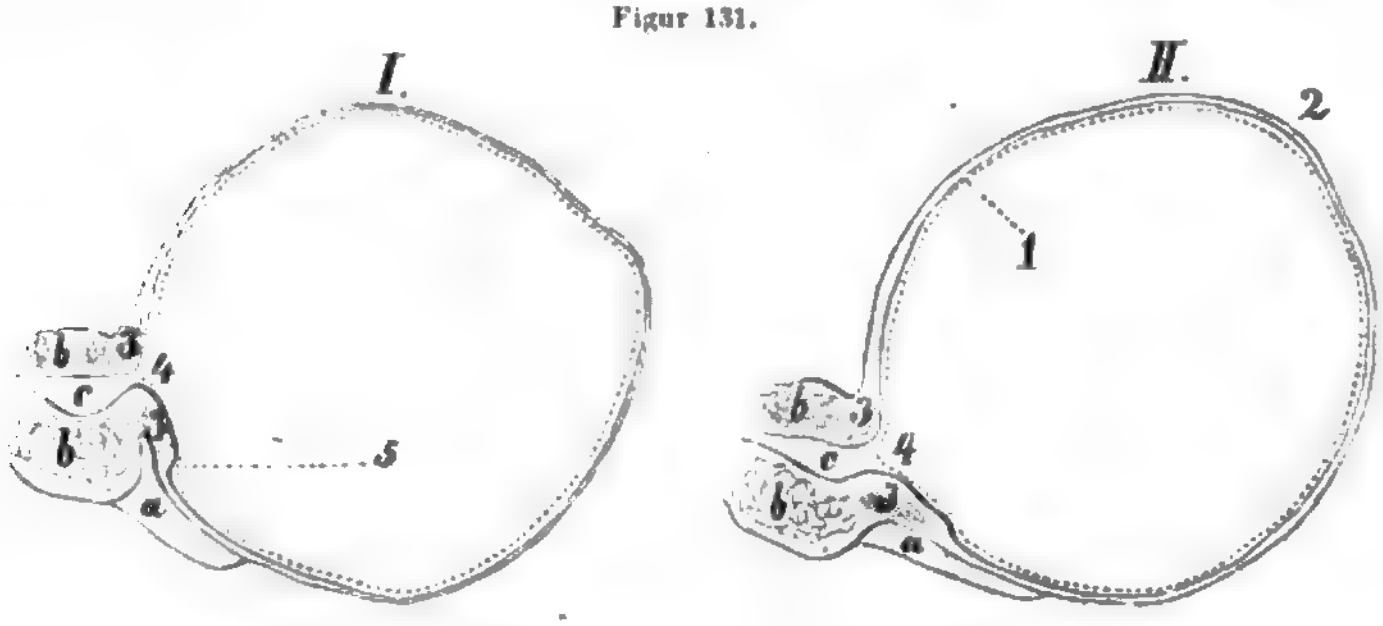
1) Dies findet sich schon sehr richtig bei Haller, el. phys. VII. 26, 8 angegeben.

Digitized by Google

ist und dass sie lediglich von einer mechanischen Ursache abhängen kann.

Über die Ursache des Blasenverschlusses bei Leichen hat man verschiedene Meinungen aufgestellt. Haller nimmt an, dass die untere Blase, welche tiefer als die Harnröhrenöffnung steht, wenn sie allein gefüllt sei, mehr gegen den Mastdarm als gegen die letztere sich neige; Kohlrausch [1]) hingegen, dass in der mit Urin gefüllten Blase das vordere und hintere Segment durch den Druck mehr leidet, als die Mitte der Basis, welche durch die derbe prostata gestützt wird. Senkt sich dadurch der vordere und hintere Theil oder nur einer von beiden tiefer, als das orificium vesicae, so wird durch die Vertheilung des Druckes eine Wirkung ausgeübt, die zur Verschliessung der Öffnung beitragen muss. Barkow, [2]) Rosenthal [3]) und v. Wittich [4]) sind der Meinung, dass das stark elastische Gewebe, welches sich in der Nähe der Harnröhrenöffnung findet, den Verschluss bewirkt. Barkow fand, wenn er das elastische Gewebe und die prostata genau an der Harnblasenmündung vollständig abpräparirte, dass eine bedeutende Erweiterung der letztern erfolgte. -- Nach meinen Beobachtungen wirken alle diese Momente zusammen. Der Urin senkt sich in den Blasengrund und drückt dadurch die enge Öffnung zu, wobei die derbe prostata noch fördernd mitwirkt. In der Figur 131

Figur 131.



ist der Durchschnitt einer menschlichen Blase dargestellt. Sie wurde im Becken von einem Ureter aus mit heissem Talg gefüllt, und nach dem Erkalten die symphysis oss. pubis, die untern Wirbel und die

1) Kohlrausch, Anat. und Phys. der Beckenorgane. Leipzig 1854, p. 16.
2) Barkow, Unters. über die Harnblase. Breslau 1858.
3) Rosenthal, De tono tum.musculorum cum eo inprimis qui Sphinct. tonus vocatur. Regim. 1857.
4) v. Wittich in Königsb. med. Jahrb. II, 12.

Digitized by Google

Blase halbirt. Die Blasenmündung *I 4* ist sehr eng, in der Nähe derselben bei *5* sieht man deutlich die Einknickung, welche dadurch entstanden ist, dass sich die Flüssigkeit in den Blasengrund mehr einsenkt. Der Beutel, welcher an dieser Stelle entsteht, drückt die Blase von Hinten nach Vorn zu, wobei die prostata (*b*) noch als Pfropf dient. Wird die Blase gehoben, was bei *II* dargestellt ist, so gleicht sich dadurch der Sack aus und ein Druck entleert leicht die Blase. — Wenn man hingegen ohne Weiteres von Oben die Blase comprimirt, so vergrössert sich der Sack noch mehr, es fliesst daher nichts aus. Da die Ureteren so tief unten in die Blase münden, so wird die erwähnte Einsackung nicht beeinträchtigt, wenn auch die Blase eine Lage, wie bei vierfüssigen Thieren hat. Sobald die Blase gleichmässig ausgedehnt ist, hört die Einsackung auf und der Urin kann ausfliessen. Die Elasticität ist gewiss auch von grossem Einfluss. Wie sehr elastisch die Blase ist, beobachtet man am Besten bei der Entleerung, nachdem sie stark gefüllt war. Sie zieht sich bedeutend zusammen und legt sich in Falten, was man auch an der Blase lebender Thiere beobachtet.

Während des Lebens kommen noch andere Verhältnisse zu den angegebenen hinzu, nämlich die Muskelbewegung der Blase und das Gefühl derselben. Die Muskeln der Blase laufen nach allen Richtungen, es gibt Längs-, Quer- und cirkuläre Fasern. Die einzelnen Muskelfasern biegen sich häufig um, wie es auch am Herzen der Fall ist, so dass beispielsweise eine Längsfaser zur cirkulären werden kann, worauf mit Recht Kohlrausch aufmerksam macht. Am Ausgang der Blase liegen die cirkulären Fasern dichter und bilden den bekannten sphincter. [1]) Durch die Blasenmuskeln kann ein gleichmässiger Druck auf den ganzen Blaseninhalt ausgeübt werden, wenn dieselben sich contrahiren. Der Eintritt dieser Contraction muss denselben Erfolg hervorbringen, wie ein künstlicher Druck, Entleerung des Urins. Diese Zusammendrückung wird vielleicht durch ein Aufheben der Blase unterstützt, welche der Theil des m. levator ani bewirken kann, den man als levator prostatae bezeichnet. Wenn diese Vermuthung sich als richtig herausstellt, so wäre durch die gemeinschaftliche Action von levator ani und Contraction der Blasenmuskeln dasselbe erreicht, was bei einer todten Blase bewirkt wird, wenn man dieselbe mit der einen Hand hebt und mit der andern zusammenpresst.

Man stellt sich oft vor, und diese Ansicht fand neuerdings an Heidenhain und Colberg ihre Vertheidiger, dass der m. sphincter

1) Mit der Annahme Barkow's, dass ein sphincter vesicae nicht vorhanden sei, kann ich meinen Beobachtungen zufolge nicht übereinstimmen.

Digitized by Google

vesicae sich beständig in einem contrahirten Zustande befinde und dadurch den Abfluss des Urins hindere. Gegen diese Annahme lässt sich das anführen, was oben (p. 223) gegen die constante Verschliessung des m. sphincter ani angegeben ist. Da auch im Tode ein vollkommenes Zurückhalten des Harns vorhanden ist, so ist keine Nothwendigkeit zu dieser Hypothese vorhanden.

Die Blasencontraction ist in der Regel Folge von Irritation der Blasennerven. Nach Bell [1]) ist die Nähe der Mündungen der Ureteren die empfindlichste Stelle und Reizung derselben bringt leicht Blasenkrampf hervor. Blasensteine ruten nach Romberg [2]) bei Berührung des Blasenhalses den quälenden Harndrang hervor, welcher beim Fortrücken des Steines von dieser Stelle augenblicklich gelindert wird. — Die Nerven, welche aus dem Rückenmarke zur Blase gehen und derselben hauptsächlich Gefühlsvermögen verleihen, kommen aus dem dritten und vierten Kreuzbeinnerven und verbreiten sich grösstentheils am Blasenhalse. Wenn die Blase sich mehr und mehr füllt und der Druck des Urins gegen die Harnröhrenöffnung steigt, so kann es nicht fehlen, dass die Zweige der eben genannten empfindlichen Nerven gereizt werden, gerade so, als wenn etwas Schleim gegen die Kehlkopfsgegend getrieben wird, an welcher die Stimmritzenbänder liegen. Wie hier die benachbarten Muskeln in starke Contraction gerathen, oder wie durch Reizung der Darmschleimhaut die Darmmuskeln sich bewegen, so verengt sich auch in unserm Falle die Blase, wobei besonders der durch seine Faserzahl den sphincter weit übertreffende detrusor thätig ist und der levator dieselbe vielleicht hebt. Die Bewegungsnerven der Blase werden, wie ich gefunden habe, von zwei Centris im Rückenmarke und Gehirne beherrscht. Das eine, welches ich [3]) centrum genitospinale genannt habe, liegt bei Kaninchen in der Gegend des vierten Lendenwirbels, das andere im verlängerten Marke und kleinen Gehirne. [4]) Von dem ersten gehen die Nervenfasern durch den Theil des n. sympathicus welcher mit einem Ganglion communicirt, das dem fünften Lenden-, wirbel entspricht. Die Bahn der Nerven vom obern Ganglion befindet sich wahrscheinlich im n. vagus, ist jedoch noch nicht sicher ermittelt. (Das Nähere in der Nervenphysiologie.) — Die Bewegungsnerven des levator ani kommen grösstentheils aus Zweigen des vierten Kreuzbeinnerven.

1) C. Bell, On the diseases of the urethra, vesica ur., prostata and rect. Lond. 1820. Vgl. Romberg, Nervenkrankh. I, 406.

2) Romberg, Nervenkrankheiten 1840, I, 408.

3) Budge in C. r. 1858, XLVII, 11. Oct., u. Virchow's Arch. 1858, XV, 115.

4) Budge, Unters. über das Nervens. I, 160.

Digitized by Google

Der Hergang der Harnentleerung bis zur urethra wäre demnach folgender. Bei einer gewissen Fülle der Blase drängt der Urin gegen den Blasenhals, die Gefühlsnerven werden angeregt, und zwar um so eher, je erregbarer sie sind; deshalb haben manche Menschen viel früher Drang als andere. Die genannten Nerven wirken auf die Bewegungsnerven der Blase und des levator (?), diese auf die Blasenmuskeln, die Blase verengt und hebt sich, das oben beschriebene Hinderniss wird überwunden und der Urin stürzt je nach der Grösse der Zusammenziehung, mit mehr oder weniger Kraft in die urethra.

Ein Mechanismus, ganz in analoger Weise, wie man ihn beim Schliessen der Augenlider und des Afters findet, kommt also auch an der Blase vor. In Folge der Erregung bildet sich selbstständig eine Verengerung und ein Verschluss der Öffnung, welcher durch den Willen vermehrt und auch aufgehoben werden kann. Welche Muskelpartie in der Blase oder ihrer Umgebung dem orbicularis palpebrarum oder dem sphincter ani externus entspricht und von dem Willenseinflusse beherrscht wird, dies ist, wie ich glaube, noch nicht feststehend. Einige theilen die Function dem m. sphincter vesicae zu, andere (v. Wittich) der mit reichlichen Muskelfasern versehenen prostata, andere (Winslow, Ch. Bell, Guthrie u. A.) den um die pars prostatica und membranacea urethrae herumliegenden quergestreiften Muskeln. Sowohl der Blasensphincter als die prostata besitzen cylindrische (glatte) Muskelfasern, welche einer so prompten und energischen Bewegung, wie sie in diesem Akte vorkommt, nicht fähig sind; auch gibt es, wie es scheint, am ganzen Körper des Menschen und der Säugethiere keinen Muskel mit glatten Fasern, welcher dem Willen gehorchte. Deshalb bin ich viel mehr geneigt, mich der letztgenannten Ansicht anzuschliessen. — Zu den dabei in Betracht kommenden Muskeln gehören die auf der prostata liegende Schicht, von Kohlrausch, l, c., p. 30, 43, sphincter urethrae prostaticae, besonders der m. urethralis transversus und das stratum circulare der pars membranaceae. Theile und Kohlrausch (p. 47) rechnen auch den bulbocavernosus hinzu, obwohl er meistens wohl zum Auspressen des Harns dient.

993. Wenn während des Urinlassens plötzlich der Akt mit Willen unterbrochen wird, so fühlt man deutlich ein Zurückschieben des Anfangstheils der Harnröhre und der prostata. Die letztere scheint den Verschluss wesentlich zu unterstützen. — Bei diesem willkürlichen Zurückziehen mögen die eben genannten Verschliesser diese Wirkung verrichten.

Durch den Widerstand, welchen die den Harnausfluss hemmenden Muskeln entgegensetzen, muss es kommen, dass, um eine in die Blase eingespritzte Flüssigkeit während des Lebens aus der Harn-

röhre auszutreiben, ein viel stärkerer Druck erfordert wird, als nach dem Tode, wie auch die Versuche von Heidenhain und Colberg,[1]) sowie neuerlich von Sauer[2]) bewiesen haben.

994. Man kann bekanntlich willkürlich Harn lassen, auch ohne dass die Blase sehr gefüllt ist. Wahrscheinlich geschieht dies durch die gemeinschaftliche Wirkung der Bauchmuskeln, der Bauchpresse, s. p. 91, und des levator ani. Dabei wird das ganze Glied und also auch die Harnröhre durch die m. ischiocavernosi gehoben.

Die letzten Tropfen des Urins werden durch die Contractionen des m. bulbocavernosus ausgespritzt, welcher den Anfang der pars cavernosa urethrae umgibt.

II. Hautausdünstung.

Absonderungsproducte der Haut. Epidermis.

995. Als Absonderungsorgan liefert die Haut vier Producte: a) Epidermis, b) Hauttalg, c) Schweiss, d) Gase.

996. Die epidermis gehört zum sogenannten Horngewebe, Keratin, welches ausserdem im Horn, in den Nägeln, Haaren, Federn, Geweihen, Hörnern, Fischbein, Schildkrot vorkommt. Dies Gewebe löst sich in warmer Kalilösung unter Entwickelung von Ammoniak und Bildung von Schwefelkalium auf, ist aber in Wasser, Alkohol und Äther nicht, in Säuren bei gewöhnlicher Temperatur nur wenig löslich. Wird die alkalische Lösung mit einem Überschusse von Essigsäure behandelt, so entsteht ein Präcipitat, welches nach Mulder's[3]) Analysen das sogenannte Proteinbioxyd ist, d. h. die Elementarbestandtheile des Proteins mit mehr Sauerstoff enthält. Von salpetersaurem Silber wird das Horngewebe schwarz gefärbt. Es enthält 17% Stickstoff, ausserdem Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel (Mulder, Scherer).[4]) — In demselben findet sich mithin noch mehr Stickstoff, als in den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Blutes, und durch sie gibt der Körper einen Theil Stickstoff ab. Elementaranalysen der Oberhaut, Nägel, Haare nach Mulder und Laer:[5])

	Oberhaut.	Nägel.	Haare.
C	50,28	51,00	50,65
H	6,76	6,94	6,36
N	17,21	17,51	17,14
O	25,01	21,75	20,85
S	0,74	2,80	5,00

1) Heidenhain und Colberg in Archiv für Anat. 1858, p. 437.
2) Sauer, ebend. 1861, p. 112.
3) Mulder, Vers. e. allg. phys. Chemie, p. 542 fg. Braunschw. 1844.
4) Scherer in Ann. der Chemie XL, 53.
5) Laer, ebend. XLV, 174.

Digitized by Google

Nach Vauquelin enthalten die Haare auch Eisen, Kieselsäure und Mangan. Auch Laer fand Eisenoxyd und Gorup-Besanez Kieselsäure.

997. Die freie Oberfläche der Haut, wegen ihrer hervorstehenden Papillen corpus papillare cutis genannt, ist der Ort, an welchem die Bildung der epidermis in der das corium bedeckenden halbflüssigen zähen Masse erfolgt. Die dem corium zunächst liegende Schicht, das Malpighische Netz genannt, enthält die jüngsten Epidermiszellen.

998. Die Zellen der epidermis sind wahrscheinlich durch jene zähe Masse (s. No. 997) so enge mit einander verbunden, dass eine Flüssigkeit selbst bei einer bedeutenden Druckhöhe durch ein Stück epidermis nicht durchgeht (Beclard, Krause), [1]) ausser wenn diese Flüssigkeit das Gewebe angreift, wie Lösung von salpetersaurem Silber, oder Säuren. Hingegen verdunsten alle gasförmigen Flüssigkeiten durch die Oberhaut, mithin auch Wasser in Dunstform durchtreten kann. — Dieses erfolgt nicht nur während des Lebens, sondern auch nach dem Tode. Eine Epidermisfläche von 21,66□‴ dunstete, nach Krause, an einem Tage zwischen 0,95 bis 2,5 Gran Wasser aus.

999. Der Zusammenhang der Epidermiszellen gilt nur von den untern Lagen; die oberflächlichsten sind durch die Austrocknung brüchiger und lösen sich sehr leicht in Schüppchen ab, besonders an sehr warmen und an den behaarten Körperstellen.

1000. Eine eigenthümliche Form der Epidermidalgebilde stellen die Haare dar. An der Stelle, wo ein Haar vorhanden, ist die cutis vertieft. Am Boden dieser Vertiefung (Haarbalg) ist eine papillenartige Hervorragung, Haarpapille genannt, welche als matrix des Haares betrachtet werden muss, auf ihr wächst das Haar. Die innere Fläche der Vertiefung (des Haarbalgs) ist natürlich mit Epithelium ausgekleidet. An demselben unterscheidet man eine äussere und innere Schicht, äussere und innere Wurzelscheide genannt; s. Fig. 104. Haare.

An dem eigentlichen Haarbalg, d. h. dem corium desselben, unterscheidet man die äusserste longitudinale Faserschicht, die folgende feinere Querfaserschicht und ein structurloses Häutchen an der Grenze der äussern Wurzelscheide. Am Haare selbst wird der im Balge befindliche Theil: Wurzel, der hervorstehende: Schaft genannt. Da, wo das Haar der Papille sich nähert, erweitert es sich zur Haarzwiebel. Das Haar ist mit einer dünnen Oberhaut bedeckt und besteht grösstentheils aus Fasern, welche die Rindensubstanz des Haares ausmachen; in der Axe des Haares ist die aus lufthaltigen

1) Krause in Wagner's Handwörterbuch II, 108.

Digitized by Google

Zellen bestehende Marksubstanz, welche bei den meisten Thieren (z. B. Kaninchen) sogleich ins Auge fallen. Bei vielen menschlichen Haaren ist keine Marksubstanz mehr zu erkennen, weil die Zellen

Figur 132.

Haar mit Haarbalg aus der Achselhöhle, 180 Mal vergrössert. *a* Rindensubstanz des Haares; *b* Oberhäutchen (cuticula) desselben; *c* Längsfaserschicht des Haarbalgs; *d* Querfaserschicht; *e* structurlose Schicht; *f* äussere, *g* innere Wurzelscheide; *I* Haarschaft; *II* Haarwurzel; *p* Haarpapille.

vertrocknet sind. — Zur Erkenntniss der Structur der Haare ist Kochen derselben mit Schwefelsäure, sowie mit Kalilösung sehr förderlich.

Hautdrüsen.

1001. Nur die Hautdrüsen (s. No. 1006) durchbohren die epidermis, obwohl auch ihre äussere Oberfläche mit der oberflächlichen Schicht der epidermis zusammenfliesst. Durch ihre Öffnungen können möglicher Weise auch flüssige Stoffe von Aussen in den Körper gelangen, — was aber erfahrungsmässig selten geschieht (Krause).

Verdunstung und Aufnahme durch die Haut.

1002. Unzweideutige Beobachtungen (Collard, Madden) beweisen, dass sehr häufig nach dem Bade der Körper schwerer ist, dass auch der nackte Körper durch Aufenthalt in der Luft schwerer wird, dass flüchtige Arzneistoffe, wie Canthariden, Senf, Terpenthinöl, Wirkungen hervorbringen, welche sich nur vermittelst der Permeabilität der Epidermis erklären, dass Thiere, in giftige Gasarten gebracht,

Digitized by Google

welche nicht in ihre Lungen gelangen konnten, dennoch starben. Es ist mithin sicher, dass durch die epidermis während des Lebens sowohl flüchtige Stoffe, welche von Aussen an die Haut gebracht werden, als auch Wasser hindurchdringen können. Hingegen scheinen leicht resorbirbare Stoffe, wie Jodkalium, Kaliumeisencyanür u. s. w. nach den bisher gemachten Erfahrungen nicht auf diesem Wege aufgenommen zu werden. [1])

Function der epidermis.

1003. Die epidermis ist demnach, abgesehen davon, dass sie Schutzmittel ist, a) Excret, b) eine Membran, welche sowohl zur Verdunstung von Stoffen hinter ihr (Wasser aus dem Blute) als auf ihr dient.

Hauttalg.

1004. Der Hauttalg, sebum cutaneum, ist das Excret der traubenförmigen, länglichen Drüschen, welche mit wenigen Ausnahmen an den Bälgen der Haare liegen und mit Ausführungsgängen in dieselben münden. Er ist eine ölartige Flüssigkeit, welche an der Oberfläche der Haut leicht erhärtet und eine schmuzig gelbe Farbe annimmt. Er enthält viel Epidermiszellen.

Figur 133.

a Talgdrüsen, *b* ein Haar aus der Achselgegend, *c* Haarzwiebel.

1005. Der Schweiss macht nur den tropfbar flüssigen Theil der wässerigen Hautabsonderung, perspiratio cutanea, aus. Man unterscheidet die dunstförmige Perspiration (insensibilis) von der flüssigen (sensibilis).

1006. Im Unterhautzellgewebe liegen im Fett versteckt knäuelförmige, oft etwas gelblich aussehende Drüsenschläuche die meistens $^1/_6$‴, in der Achselhöhle über 1‴ im Durchmesser haben und in gewundene Ausführungsgänge enden, die das corium und die epidermis durchbohren und an der Oberfläche der Haut münden. Man nennt sie Schweissdrüsen. Obwohl Malpighi sie schon kannte, waren sie wieder vergessen und später fast gleichzeitig in Deutschland von Purkinje [2]) und in Frankreich von Breschet und Roussel de Vauzème [3]) entdeckt worden. Sie bestehen aus einer binde-

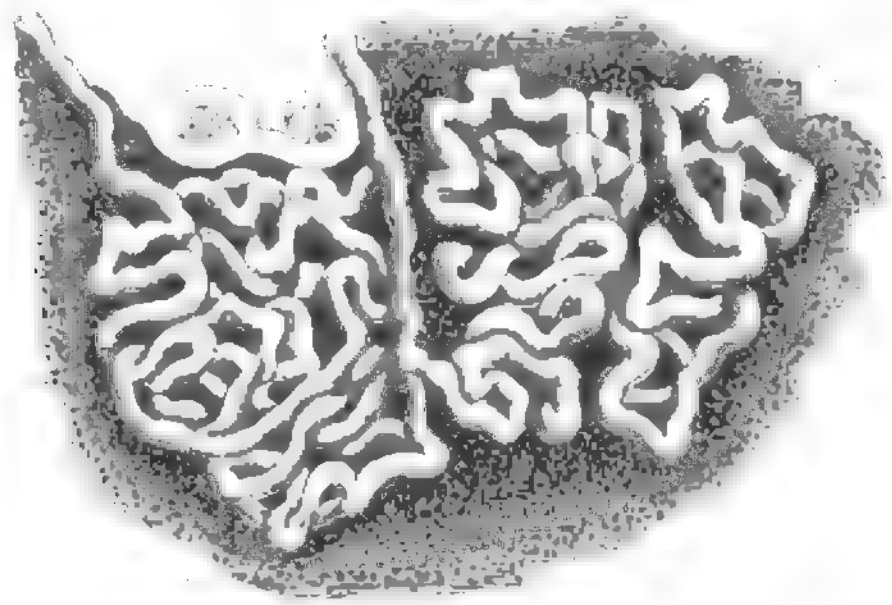
1) Vgl. Madden, An exper. inquiry into the phys. of cut. absorpt. Edinb. 1838. — Krause, l. c. — Falck in Archiv für phys. Heilk. XI, 766. — Lehmann in Schmidt's Jahrb. 1855, p. 116. — Kletzinsky, Prager Vierteljahrsschrift 1854, XI, 70. — Braune in Virchow's Archiv XI.

2) Wendt, De epiderm. humana. Vrat. 1833.

3) Breschet und Roussel de Vauzème, Rech. sur la struct. de la peau. Par. 1835.

gewebigen membrana propria und einer oder mehren Lagen vieleckiger, kernhaltiger Zellen. Grössere sollen nach Kölliker zwischen

Figur 134.



180

Schweissdrüsen aus der Achselhöhle eines Menschen. 180 Mal vergrössert.

beiden Häuten cylindrische Muskelfasern haben. Sie enthalten eine helle Flüssigkeit, welche beim Schwitzen in Tropfen aus ihren Mündungen auf der Haut hervorkommt, die mit einer Lupe erkenntlich sind. Ihr weiterer Inhalt ist körnig, fettig. — Hiernach scheint es, dass durch die Schweissdrüsen sowohl Schweiss, als auch fettige Substanz entleert werden kann. Meissner [1]) verwirft die Betheiligung dieser Drüsen an der Schweissabsonderung ganz und hält sie blos für Secretionsorgane der Hautsalbe, wie die Ohrenschmalzdrüsen, welche ihnen vollständig ähnlich sind.

1007. Auf einen Quadratzoll Haut kommen nach Krause am Nacken, Rücken und Gesäss 417, an den Wangen 548, an dem Unterschenkel und der innern Seite des Oberschenkels 576, an dessen äusserer Seite 554, Brust und Bauch 1136, Stirn 1258, Hals 1303, an der Sohlenfläche des Fusses 2685, an der Handfläche 2736 Schweissdrüschen. Wird die Hautoberfläche zu 15 P. Quadratfuss gerechnet, so kommen auf die ganze Fläche, wenn man 1000 Schweissdrüsen auf einen Quadratzoll zählt, ungefähr 2381248 Schweissdrüschen (Krause). Die Verdunstungsfläche dieser Drüsen kann man auf 7,896 Quadratzoll annehmen, da der Ausführungsgang eine Weite von $^1/_{82}$ — $^1/_{65}$‴ hat. Auf einem Quadratzoll Fläche verdunstet aber Wasser von 35° C. in einer Minute nur 0,1675 Gran. Auf der Oberfläche aller Schweissdrüsenmündungen würden daher, bei 35° C. in einer Minute 1,3225, in 24 Stunden 1904,5 Gran verdunsten, angenommen, dass die Verdunstung der Hautperspiration eben so rasch wie die des Wassers erfolgt (Krause).

1) Meissner in Jahresber. 1856, p. 285.

Digitized by Google

1008. Nach den Versuchen von Seguin [1]) verliert ein Mensch durch die insensible Hautperspiration 10,465 Gran für die Minute, also in 24 Stunden 31,3 Unzen, etwa doppelt so viel, als durch die Lungen. Diese Resultate, sowie auch die späterer Beobachter können bei der Schwierigkeit exacter Bestimmungen und bei dem ausserordentlichen Wechsel in der Absonderung unter verschiedenen Verhältnissen unmöglich genau sein. [2])

Quantität der durch die Haut perspirirten Flüssigkeit.

1009. Da die insensible Perspiration durch Verdunstung von Flüssigkeit entsteht, und durch die epidermis diese möglich ist, so ist anzunehmen, dass ein sehr grosser Theil dieser Perspiration auf diesem Wege zu Stande kommt. Hingegen mögen die Schweissdrüsen den eigentlichen flüssigen Schweiss absondern (Krause).

Quellen der sensiblen und insensiblen Perspiration.

1010. Der Schweiss gesunder Menschen reagirt entweder neutral oder gewöhnlich sauer, und zwar in der Regel an allen Stellen des Körpers. Der übelriechende Schweiss an den Füssen vieler Menschen ist gleichfalls gewöhnlich sauer. Ich habe zuweilen bei Kranken bemerkt, dass der anfänglich sauer reagirende Schweiss nach einiger Zeit diese Reaction verliert, welche wahrscheinlich von einer flüchtigen Säure herrührte. — Favre gibt an, dass der zuerst abgesonderte sauer, der spätere neutral und der letzte alkalisch reagirt habe.

Reaction.

1011. Der Schweiss enthält nach frühern Analysen (Thenard, [3]) Anselmino) [4]) in 1000 Theilen 4 — 14 feste Substanz, nämlich Extractivstoffe, phosphorsauren Kalk, phosphorsaures Natron, Chlornatrium, Chlorammonium, Essigsäure, Milchsäure, milchsaures Ammoniak und Eisenoxyd. — Dem Schweisse ist gewöhnlich Fett beigemischt, und man sieht dann unter dem Mikroskop Öltropfen im Schweisse. — Der übelriechende Schweiss scheint Buttersäure zu enthalten. Nach den Untersuchungen von Favre, [5]) der mit grossen Quantitäten arbeitete, soll derselbe wie folgt zusammengesetzt sein. In 10000 waren:

Bestandtheile.

Chlornatrium	22,305
Chlorkalium	2,437
Schwefelalkalien	0,115
Albuminate	0,050
Milchsaures Natron und Kali	3,171

1) Seguin in Mém. de l'acad. de Par. 1789 und 1790.

2) Vgl. Schottin, Archiv für phys. Heilk. XI. — Funke in Moleschott's Unters. III. — Valentin, Repert. d. Anat. VIII, 389.

3) Thenard in Ann. de chim. LXIX, 262.

4) Anselmino in Zeitschr. für Phys. von Tiedemann u. Treviranus II,321.

5) Favre in Arch. gén. 1853. Compt. r. XXXV, 721. — Vgl. auch Gilliber d'Hercourt in Revue méd. 1853, p. 650.

Digitized by Google

Schweisssaures Kali und Natron . . .	15,623
Harnstoff [1])	0,428
Fett	0,136
Wasser	9935,733.

Die Schweisssäure (acide hidrotique) ist, nach Favre, syrupartig, nicht krystallisirbar, löslich in absolutem Alkohol; enthält Stickstoff und verbindet sich mit fast allen Basen. Nach Schottin's [2]) Untersuchungen findet sich im Schweisse immer Ameisensäure (deren Anwesenheit ich nach eigenen Untersuchungen bestätigen kann), auch Buttersäure und Essigsäure, — aber keine Milchsäure, — während die Schweisssäure problematisch sein soll; ferner Stearin, Margarin, Cholesterin.

Vermehrung und Verminderung.

1012. Die Menge der Hautausdünstung hängt vorzugsweise von drei Umständen ab: 1) von der grössern oder geringern Spannung der Haut. Diese hat ihren Grund theils in physikalischen, theils in organischen Zuständen. Zu jenen gehört besonders die Temperatur der umgebenden Luft; Wärme z. B. dehnt die Haut aus und befördert die Ausdünstung; zu diesen gehört die vom Nervensysteme bedingte Contractilität der in der Haut befindlichen Fasern; so erschlaffen z. B. deprimirende Gemüthsaffecte, Ohnmachten das Nervensystem und vermindern dadurch den normalen Widerstand, den die Haut dem Durchdringen von Flüssigkeit entgegensetzt. Umgekehrt scheinen Contractilität der kleinen Arterien, wie sie bei Entzündungen vorkommen, in Folge von Nervenreizung die Hautausdünstung zu vermindern. 2) Von der Menge von Blut, welches zur Haut strömt und von Flüssigkeit, die ins Blut gebracht wird. Daher entsteht auch Hautausdünstung beim Genusse warmer Getränke. Alle Ursachen, welche eine Vermehrung der CO_2 zur Folge haben, fördern die Hautsecretion, weil dabei zugleich eine grössere Herzthätigkeit stattfindet. Dahin gehören Anstrengungen, Bewegungen. Je weniger Wärme der Haut durch die Umgebung entzogen wird, mit je schlechtern Wärmeleitern sie umgeben ist, desto mehr wird, wenn die übrigen Bedingungen günstig sind, die Hautausdünstung befördert. In kalter Luft hingegen zieht sich die Haut zusammen und erhält dadurch weniger Blut. Wasser, in die Venen injicirt, vermehrt die Hautausdünstung (Krause). 3) Von der Raschheit der Verdunstung

---

1) Über den Harnstoff im Schweisse ist ausserdem zu vergl. Picard, De la présence de l'urée dans le sang. Strasb. 1856. — Funcke in Moleschott's Unters. III. Bei stockender Nierensecretion sah Schottin in grossen Mengen Harnstoff durch die Haut excernirt, so dass er nach dem Tode einen krystallinischen Überzug macht, vgl. Dreschke in Zeitschr. der Gesellsch. der Ärzte zu Wien, XII.

2) Schottin in Archiv für phys. Heilk. XI, 73.

Digitized by Google

der ausgetretenen Flüssigkeit. Bei feuchter Luft nimmt daher die Perspiration ab und umgekehrt. [1]) Bei grosser Windstille kann die auf der Haut liegende Dunstschicht nicht so leicht weggeführt werden, weshalb auch die Perspiration leidet.

1013. Die Hautausdünstung steht im Verhältnisse zu den übrigen Entleerungen von Wasser. Wenn die Nieren viel Wasser aufnehmen, ist die Haut trocken, — wenn die Lungen klein oder krank sind, schwitzt die Haut leicht.

Abkühlung in Folge der Perspiration.

1014. Durch die Verdunstung des Schweisses wird auf der Oberfläche der Haut eine beträchtliche Abkühlung hervorgebracht. Da durch hohe äussere Temperatur viel Schweiss gebildet wird, so ist es möglich, einen sehr hohen Wärmegrad auszuhalten. So z. B. ertrug Berger eine Lufttemperatur von fast 88° R. mehre Minuten lang ohne viele Beschwerden.

Respiration der Haut.

1015. Die Haut dunstet auch Kohlensäure und Stickgas aus (Collard) [2]) und nimmt wahrscheinlich Sauerstoff auf. Sie ist in dieser Beziehung gewissermassen als Respirationsorgan zu betrachten.

Wenn die Haut mit einem dichten Firniss oder Gyps überzogen wird, so dass die Ausdünstung und Absonderung völlig unterdrückt werden, so entstehen, wie Versuche an Thieren lehren, sehr gefährliche Erscheinungen und es erfolgt der Tod. Man hat Entzündungen und seröse Ergüsse im Herzbeutel und der pleura entstehen gesehen, Abnahme der Körpertemperatur bei Kaninchen von 38° auf 24°,5 C., grosse Trägheit, Abnahme der Athemfrequenz. Ein solches Thier zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit dem, welchem die beiden n. vagi durchgeschnitten sind. [3]) Cl. Bernard [4]) gibt an, dass wenn man ein Pferd vollständig mit Firniss überzieht, der Tod erfolge, hingegen nicht, wenn man eine Fläche von einigen Centimetern frei lasse.

---

1) Vgl. M. Edwards, De l'infl. des agens phys. sur la vie. Par. 1825.

2) Collard de Martigny in Magendie Journ. de Phys. XI, 1. Vgl. auch Gerlach in Müll. Archiv 1851, p. 431.

3) Man vgl. Fourcault in Compt. r. 1840, XI, 44. — Becquerel und Breschet, ibid. 1841, XIII, 791. — Magendie in Gaz. méd. de Par. 1843, No. 50. — Erichson, ibid. No. 43. — Gluge in Abh. zur Phys. und Path. 1841, p. 66, und Müll. Arch. 1851, p. 467. — Ducros in Fror. n. N. 1841, XIX, 296. — Budge in Caspers Wochenschr. 1842, No. 12. 13. — Reclam, Über die Urs. der Chylus- und Lymphbeweg. Leipzig 1858. — Joseph, Hydrarg. bichlor. corr. quid in resp. cordisque act. eff. Gryph. 1858, p. 27.

4) Cl. Bernard in Leçons II, No. 7. (Meissner's Jahresber. 1858, p. 319.)

Digitized by Google

Anhang.

Ozon.

Der Sauerstoff kann durch gewisse Einwirkungen in der Weise verändert werden, dass er organische Verbindungen, besonders auch Albumin (Gorup-Besanez), [1]) sehr leicht zu zersetzen im Stande ist; und man hat sogar in neuerer Zeit die Meinung aufgestellt, dass das gewöhnliche O die Oxydationen nicht einzuleiten vermöge, sondern nur das O in seinem allotropen Zustande, das sog. Ozon. Schönbein [2]) hat über diesen merkwürdigen Körper höchst genaue Untersuchungen angestellt. Ozon bildet sich, wenn man durch Luft oder O wiederholt den elektrischen Funken durchschlagen lässt, wenn Phosphor bei Gegenwart von Wasser an der Luft oxydirt und bei vielen andern Gelegenheiten. In der Luft ist fast beständig Ozon vorhanden, jedoch in sehr verschiedener Quantität. Bei regnerischem, stürmischen Wetter mehrt es sich gewöhnlich rasch.

Manche Körper (Ozonträger) nehmen das Ozon leicht auf, halten dasselbe aber locker gebunden und geben dasselbe wieder an andere Körper ab. Dazu gehört z. B. Terpenthinöl, welches bei Zutritt von Luft lange dem Sonnenlicht ausgesetzt war.

Durch Ozon wird Jodkaliumkleister, der von gewöhnlichem Sauerstoff nicht verändert wird, gebläut, Indigotinctur entfärbt, Guajactinctur gebläut. — Schönbein und His [3]) haben die Beobachtung gemacht, dass der Blutfarbstoff auch Guajactinctur blau zu färben vermag, wenn derselbe Wasserstoffsuperoxyd enthält. — Das Wasserstoffsuperoxyd dient hier als Ozonträger, welchem der Blutfarbstoff das Ozon entzieht und auf die Guajactinctur überträgt.

1) Gorup-Besanez, Mitth. der med.-phys. Societ. in Erlangen 1858.

2) Schönbein in Ann. der Chemie CII, 129.

3) Schönbein in Denkschr. der Bair. Akad. 1856. — His in Virch. Arch. 1856, X, 483.

Digitized by Google

Drittes Buch.

Bewegung und Empfindung.

A. Bewegung.

Es gibt Bewegungen, welche vom Nervensysteme beherrscht werden, und solche, welche von demselben unabhängig zu sein scheinen und die man elementare Bewegungen nennt. Die letztere Art zeigt sich meist als schwingende, wiegende Bewegung und wird in der Regel von haarförmigen Fäden ausgeführt, welche mit Zellen in Verbindung stehen (Flimmerbewegung) oder aus ihnen hervorgehen (Samenfädenbewegung); die erstere entsteht durch Zusammenziehung von Fasern.

I. Flimmerbewegung und andere elementare Bewegungen.

1. Auf der Oberfläche verschiedener Schleim- und seröser Häute bemerkt man während des Lebens eine sehr rasche, flackernde Bewegung, welche man Flimmer- oder Wimperbewegung (motus vibratorius) nennt. Ihr Sitz ist im epithelium dieser Membranen. Sitz der Flimmerbewegung.

2. Am Leichtesten beobachtet man dieselbe, wenn man mit einem Messerrücken von der Schleimhaut der Rachenhöhle eines lebenden Frosches ein wenig abschabt, und den zähen, am Messer hängenden, gelblichen, zuweilen mit etwas Blut tingirten Schleim auf einem Glasplättchen mit Messerspitzen auseinander zerrt, einen Tropfen Speichel oder Lymphe zusetzt und mit einem feinen Deckgläschen unter dem Mikroskope betrachtet, oder auch an der Zunge von Kaulquappen. Methode der Beobachtung.

3. Im menschlichen Körper bieten diese Erscheinung dar: a) das epithelium der ganzen Nasenschleimhaut, mit Ausnahme des Theiles unmittelbar hinter den vorderen Nasenöffnungen. Nach E. H. Weber kann man an sich selbst die Beobachtung machen, wenn man etwas Oberhaut mit einem geschnittenen Federkiele sich in der Tiefe der Nasenhöhle abschabt. Zum Theil flimmern auch die Nebenhöhlen der Vorkommen.

Digitized by

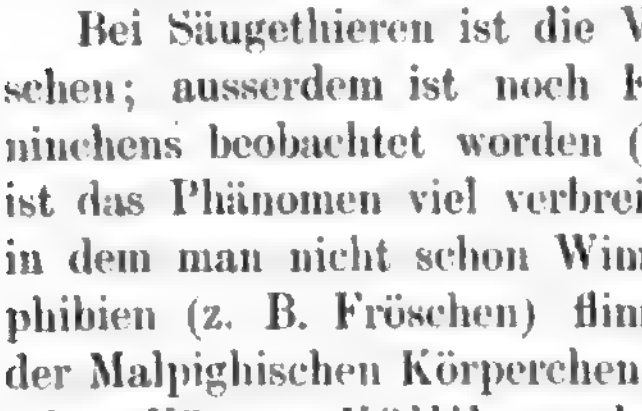
Nase. b) Das epithelium der Eustachischen Trompete, zum Theil der Paukenhöhle, des oberen Schlundes, des hintersten Theils vom Gaumensegel. d) Das epithelium des Respirationscanals von der epiglottis bis zu den feinsten Bronchien. (Jedoch fehlt an einem schmalen Streifen der Schleimhaut der cart. arytenoideae, sowie an den Stimmbändern nach Rheiner das Flimmerepithel, wovon ich mich gleichfalls überzeugt habe.) e) Das epithelium des Thränensackes und Thränenganges. f) Das epithelium des uterus (von der Mitte des Mutterhalses an) und der tubae, bis auf die äussere Fläche der fimbriae. Während der Menstruation und wahrscheinlich auch während der Schwangerschaft wird dies Epithel abgestossen und durch Pflasterepithelien ersetzt. g) Das epithelium der vascula efferentia testis, der coni vasculosi und des Nebenhodens bis zum vas deferens (Becker). h) Das ependyma der Ventrikel des grossen Gehirns (Purkinje), und des Rückenmarkscanals.

Bei Säugethieren ist die Verbreitung dieselbe wie bei dem Menschen; ausserdem ist noch Flimmerbewegung am ovulum des Kaninchens beobachtet worden (Bischoff). Bei niedern Thierklassen ist das Phänomen viel verbreiteter, so dass es fast kein Organ gibt, in dem man nicht schon Wimperbewegung beobachtet hat. Bei Amphibien (z. B. Fröschen) flimmern die innere Fläche der Kapseln der Malpighischen Körperchen in den Nieren (Bowman), die Wolff'schen Körper (Kölliker), bei manchen Fischen die Harncanälchen (J. Müller). Bei vielen Anneliden flimmern die ganze Darmschleimhaut oder gewisse Stellen derselben, bei Infusorien oft die ganze Hautoberfläche u. s. w. Nur bei einigen Thierklassen ist bis jetzt noch keine Flimmerbewegung entdeckt worden, nämlich bei ausgebildeten Insecten, Spinnen, Crustaceen und Cephalopoden.

Flimmerepithelium.

4. Das Flimmerepithelium besteht, wie das andere Epithelium, aus neben einander liegenden Zellen, welche länglich, cylindrisch oder rund sind, eine Grösse von ungefähr $^1/_{66} - ^1/_{120}$‴ zeigen und in der Mitte einen Kern haben. Was sie aber vor allen andern Epithelien-Blättchen am meisten auszeichnet, sind kleine Härchen, welche auf der breiten Fläche jeder Epithelienzelle sitzen. Diese Härchen sind heller als die Zelle selbst und werden daher bei dem ersten Blicke leicht übersehen; auch fallen sie nicht selten in Folge von Druck, durch Zusatz von vielem Wasser und anderen Agentien ab. Auf einer Zelle stehen zuweilen nur ein Paar Haare, zuweilen nahe an dreissig.

Figur 135.



Flimmerepithelien, 300 Mal vergrössert.

Digitized by Google

5. Die genannten Haare sind die eigentlichen beweglichen Theile. Durch das Auseinanderzerren von grösseren Stückchen von Flimmerepithelium werden kleinere Partikelchen abgerissen, die aus einer oder nur wenigen Zellen bestehen. Diese drehen sich nun gewöhnlich im Kreise, oft mit ausserordentlicher Schnelligkeit, wie ein Rädchen. Wenn die Bewegung nachlässt, dann erblickt man an solchen kleinen Stückchen die schlagende Bewegung der sich häufig umhakenden Härchen deutlich. — Umliegende kleine Körper werden, wenn die Bewegung noch stark ist, mitbewegt, was namentlich an den Blutkörperchen oder Pigmentkügelchen zu bemerken ist, welche um ein solches Epitheliumstückchen herumtanzen. Wenn etwas grössere Partikelchen von Flimmerepithelium beobachtet werden, welche zu gross sind und zu fest an einander hängen, als dass sich die ganze Masse bewegen könnte, so sieht man das Phänomen namentlich am Rande, während in der Mitte die Flimmerhaare oft verdeckt sind. Bewegungsphänomen.

6. Die Bewegung erscheint unter dem Mikroskope sehr lebhaft, so dass auf jede Secunde mehre Schwingungen kommen. Geschwindigkeit.

7. Die Richtung, welche die Bewegung der Flimmerhaare zeigt, ist in der Regel dieselbe, aber nicht immer. So beobachtete man sie in den innern Geschlechtstheilen beständig von den tubae nach der Gebärmutter zu und nicht umgekehrt, in den Athmungsorganen von Unten nach Oben. Richtung und Dauer der Bewegung.

Abgerissene Stückchen einer flimmernden Membran zeigen noch mehr oder minder lange das Phänomen; viel weniger indess bei warm- als bei kaltblütigen Thieren, bei Fröschen mehre, bei Schildkröten oft 14 Tage.

8. Die Schnelligkeit der Bewegung wird durch mässige Wärme vermehrt, durch Kälte verzögert (E. H. Weber). Elektricität, Opium, Belladonna zeigen keinen Einfluss. Eintrocknung, Kochhitze heben sie auf, so auch concentrirte Säuren und Alkalien, die meisten Salze, Alkohol. Nach Virchow regt Kalilösung die Flimmerbewegung wieder an. (Auch die Samenfäden sah Kölliker durch Kalilösung sich wieder beleben.) Mit Blut befeuchtet, schwingen die Cilien länger. Zerstörung der Centraltheile des Nervensystems afficirt die Bewegung nicht (Purkinje und Valentin). Auch wenn ich Frösche Wochen lang am Leben liess, denen ich auf einer Seite das verlängerte Mark exstirpirt, oder den n. vagus oder sympathicus durchgeschnitten hatte, war das Phänomen nicht verändert worden. An manchen Stellen macht die Flimmerbewegung regelmässige Intermissionen, wie in den Kiemen der Ascidien (J. Müller). Wirkung äusserer und innerer Einflüsse auf die Flimmerbewegung.

9. Der Zweck der Flimmerbewegung ist noch nicht überall aufgehellt. Bei niedern Thieren kann dadurch die Respiration befördert, Zweck.

Digitized by Google

selbst der Ernährungssaft weiter geführt werden. Bei Wirbelthieren scheint die Flimmerbewegung auf der Lungenschleimhaut sehr wesentlich zur Erneuerung der Luftschichten innerhalb der Lungen beizutragen, indem die an den innern Wänden der Lungenzellen befindliche Schicht durch die schwingenden Haare immer und immer fortgetrieben wird und anderer in der Mitte der Zellen vorhandenen Luft Platz macht. Ebenso kann der Schleim dadurch nach Oben befördert werden. Der Samen kann bei der angegebenen Richtung der Flimmerbewegung in den weiblichen Geschlechtsorganen (s. No. 7) nicht durch diese fortgeschafft werden. Hingegen kann sie auf das ovulum wirken, obwohl die starken Bewegungen der tubae eine solche Nothwendigkeit nicht erkennen lassen. Die Flimmerbewegung in dem Nebenhoden und dem vas deferens kann die Samenfortleitung unterstützen.

Entdeckung des Phänomens.

10. Als ein fast in der ganzen Thierreihe verbreitetes Phänomen wurde die Flimmerbewegung von Purkinje und Valentin 1834 entdeckt, welche zugleich die Structur der wimpernden Organe aufhellten. Das Phänomen war früher nur bei niedern Thieren (zuerst bei der Miessmuschel von de Heide 1683 gefunden) bis zu den Reptilien bekannt, namentlich an den Kiemen und den Eiern.

Elementare lebende Bewegungen.

11. Von andern elementaren Bewegungen sind im menschlichen Körper nur noch die der Spermatozoen anzuführen, welche gleichfalls zu den Zellenbewegungen gerechnet werden müssen, indem die Samenfäden in Zellen entstehen. — Hingegen kommen bei Pflanzen und Thieren noch mehre andere vor. Bei einer Alge, Vaucheria clavata, hat man die merkwürdige Beobachtung gemacht, dass die Sporen sich aus ihrem Mutterschlauche trennen und nun eine rotirende Bewegung eine Zeit lang machen. Diese Rotation rührt gleichfalls von Haaren her, die Ähnlichkeit mit den Wimperhaaren haben (Unger, Siebold, Decaisne, Thuret). Ob sie mit ihnen identisch sind, steht aber noch dahin. — Bei vielen andern Algen ist eine solche Bewegung gleichfalls gesehen worden. Die Dotterkugeln von Planarien zeigen eine Art peristaltischer Bewegung, welche Stunden lang fortdauert (Siebold); ferner schliessen sich die Contractionen einzelner Zellen hier an, welche man bei Alytes, Sepia, den Gregarinen, den Hydren (Vogt, Kölliker, Ecker) an den Pigmentzellen in der Haut von Fröschen beobachtet hat. Bei Infusorien, Polypen und Medusen kommt eine körnige Masse vor, welche man nach Dujardin mit dem Namen Sarcode belegt, die einer zweckmässigen Bewegung fähig ist, und die wesentlich die Muskelsubstanz höherer Thiere vertritt, ohne Fasern zu zeigen.

Molekularbewegung.

12. Es mag hier auch die Bewegung erwähnt werden, welche zwar nicht zu den lebendigen gehört, aber oft bei Untersuchung

Digitized by Google

organischer, sehr fein zertheilter Stoffe in einem Tropfen Wasser unter dem Mikroskope gesehen wird. Es ist dies die sogenannte (Brown'sche) Molekularbewegung. Man sieht dieselbe am Leichtesten bei starker Vergrösserung an dem Pigmente (der chorioidea) und dem Gehörsande. Die kleinen Pigmentkörnchen hüpfen und tanzen so lange, bis das Wasser verdunstet ist. Auch hat man diese Beobachtung an sehr fein zertheilten Krystallen, an Russ, Kohle, Asa foetida, an Dotter gemacht. Die Ursache dieser Erscheinung ist noch nicht aufgehellt.

II. Bewegung der contractilen Körpergewebe.

Contractile Körperorgane.

13. Die Eigenschaft von Fasern, sich zu verkürzen, wenn gewisse Einflüsse auf sie wirken, und später wieder in ihren natürlichen Zustand zurückzukehren, nennt man Contractilität. Das Gewebe, an welchem man dieselbe bis jetzt allein beobachtet hat, ist das Muskelgewebe. Alle sichtlichen Bewegungen des Körpers beruhen, soviel bis jetzt bekannt ist, schliesslich auf Muskelcontractionen. Die Art der Bewegung hängt wesentlich von der Lagerung der Muskeln ab. Ein von Muskeln gebildeter Ring wird sich bei deren Contraction verengern, eine Röhre wird durch Fasern, welche die Längsrichtung haben, kürzer und weiter, durch cirkuläre Fasern enger und länger werden; die Bewegung der Extremitäten wird sich nach der Art der Vereinigung der Knochen unter einander richten u. s. w.

Allgemeines über Muskelcontraction.

14. Die Muskelcontractilität erfordert zu ihrem Bestehen drei Bedingungen, nämlich 1) die Integrität des Gewebes, 2) den Zufluss von Blut und 3) die Einwirkung des Nervensystems. Die Contraction kommt zu Stande, wenn gewisse Veranlassungen, Muskelreize genannt, eine veränderte Lagerung der kleinsten Theilchen des Muskels erzeugen. Während sie erscheint, beobachtet man Veränderungen in der Form und den Eigenschaften des Muskels. — Im Folgenden werden demnach A. die Bedingungen der Contractilität, B. die Muskelreize, C. die Erscheinungen und Wirkungen der Contraction, sowie D. die Veränderungen des Muskels nach dem Tode, endlich wird E. der Mechanismus einiger der wichtigsten Körperbewegungen abgehandelt werden.

A. Bedingungen der Contractilität.

1) Integrität des Muskelgewebes.

Eigenschaften der Muskeln.

15. Die Eigenschaften des Muskels beziehen sich a) auf seine Structur, b) sein chemisches, und c) elektrisches Verhalten, d) auf seine Cohäsion, Dehnbarkeit und Elasticität.

Digitized by Google

Structur der Muskeln.

16. a) Structur der Muskeln. Die Muskeln zerfallen in zwei Abtheilungen, indem es solche gibt, deren Fasern sich durch Querstreifung auszeichnen, und andere, welche glatt und von cylindrischer Form sind. — Die ältesten Beobachtungen über die Muskelstructur rühren von Hook, Leuwenhoek, Muys und besonders Fontana her. [1])

Quergestreifte Muskelfasern. Vorkommen.

17. Quergestreifte oder varicöse Muskelfasern enthalten: a) alle die Muskeln des Kopfes, Rumpfes und der Extremitäten des Menschen und aller Wirbelthiere; b) die um den bulbus oculi und die in der Paukenhöhle gelegenen, die Muskeln der Zunge, des weichen Gaumens, des Kehlkopfs, des Schlundes, eines grossen Theils der Speiseröhre (vom Ende des obern Drittheils an mischen sich immer mehr glatte Fasern hinzu). c) Das Herz und die grossen Venen an den Vorhofmündungen. d) Zum Theil die ligamenta uteri rotunda, die Dammmuskeln, der cremaster. — Ohne auf das Vorkommen der quergestreiften Muskeln bei Thieren näher einzugehen, erwähnen wir nur als besonders merkwürdig die iris der Vögel (Treviranus, Valentin, Krohn), den Darmcanal der Schleihe, Tinca chrysitis (Reichert), und den Magen des Wetterfisches, Cobitis fossilis (Budge). [2])

Kennzeichen.

18. Jeder Muskel besteht aus einer meistens sehr grossen Anzahl von Fasern, Muskelprimitivbündel oder Muskelfasern genannt. Man kann dieselben schon durch Auseinanderreissen mit Nadeln von einander trennen, wozu gekochtes oder in Alkohol gelegtes Fleisch sich sehr gut eignet. Es gibt aber verschiedene Mittel, welche ohne mechanische Beihülfe die Zerlegung bewirken, indem sie das Bindegewebe, welches die Fasern vereinigt, auflösen. Diese Mittel sind darum sehr werthvoll, weil man die Fasern dadurch unverletzt erhält und sie daher bis zu ihren Enden untersuchen kann. Einigermassen wirken in dieser Weise Lösungen von Sublimat (Schwann) und Chromsäure (Hannover), sowie eine mehrtägige Maceration. Jedoch wird dadurch die mechanische Trennung keineswegs erspart. Leichter isolirbar werden sie durch Kochen und 24stündige Maceration in Glycerin (Rollett). [3]) — Hingegen habe ich [4]) gefunden,

---

1) Vgl. Muys, Musc. artif. fabr. Lugd. Bat. 1751. — Leuwenhoek, Op. omn. Lugd. Bat. 1721. — Fontana, Viperngift. Berl. 1787, p. 384.

2) Vgl. Krohn in Müller's Archiv 1837, p. 300. — Eine Abbildung findet sich in meiner „Bewegung der Iris", Taf. I, Fig. 3. — Treviranus, Verm. Schr. Brem. 1820, III, 167. — Valentin, Repert. 1837, II, 247. — Reichert in Med. Vereinszeit. 1841, No. 10. — Budge, ebend. 1847, p. 4. — Leydig in Müll. Arch. (Bestätigung meiner Beobachtung über Cobitis fossilis.)

3) Rollett, Sitzungsber. der Wien. Akad. 1856.

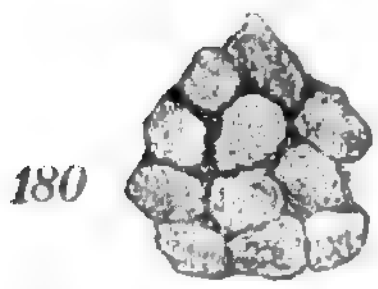
4) Budge in Archiv für phys. Heilk. 1858.

Digitized by Google

dass durch die von F. Schultze angegebene Mischung von reiner Salpetersäure (spec. Gew. 1,205) und chlorsaurem Kali (im Überschusse) eine vollständige Zerlegung zu Stande gebracht wird. Wenn man verschieden lange Zeit dies Mittel einwirken lässt, so kann man nicht nur die Muskelfasern von einander trennen, sondern auch die weitern Elemente derselben untersuchen. — In der neuesten Zeit wendet Weismann[1]) ein von Moleschott empfohlenes Mittel, Kali causticum (32 mit 68 Wasser), zu demselben Zwecke an. Dies hat den Vortheil, dass schon nach ¼ Stunde die Muskelfasern aus einander gehen, während bei der Salpetersäure mit chlorsaurem Kali eine viel längere Zeit erforderlich ist. Hingegen erlaubt es nicht den Zusatz von Wasser und die Fasern werden viel eher zerstört, als in der sauren Lösung.

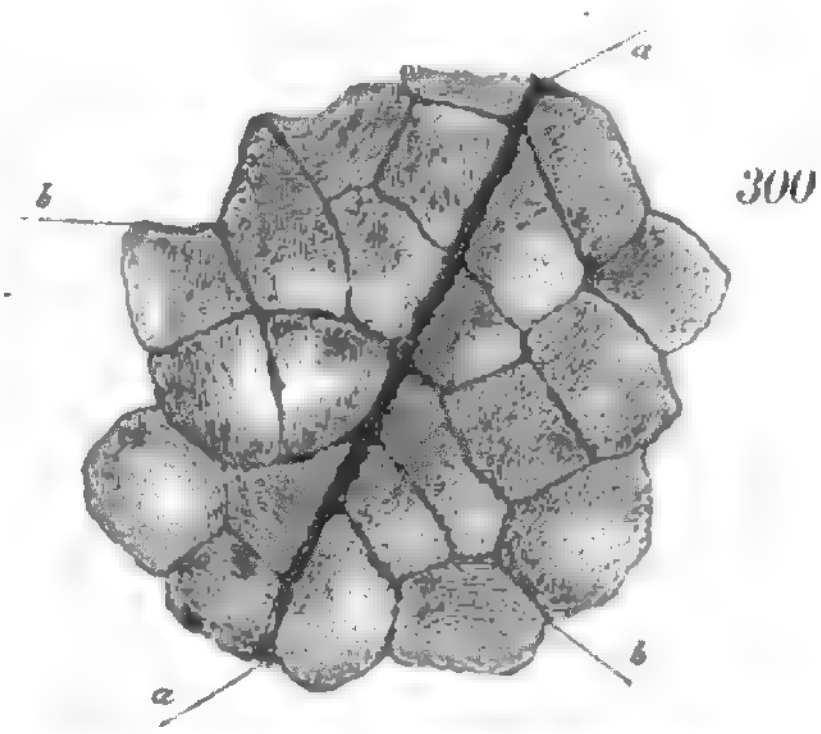
19. Man kann also einen Muskel als eine sehr grosse Anzahl parallel neben einander liegender Cylinder betrachten. Den soliden Inhalt derselben macht die Muskelsubstanz, ihre Hülle die Faserscheide (Sarcolemma oder Myolemma genannt) aus. Eine grössere Zahl solcher bereits je mit ihrem Sarcolemma umgebenen Bündelchen ist wieder von einer Scheide, perimysium, umwickelt und nach demselben Principe geht es weiter, bis schliesslich der ganze Muskel in seiner Bindegewebsfascie seine äusserste Scheide erhält. — Man gewinnt die klarste Anschauung von dieser Sache, wenn man von einem getrockneten dünnen Muskel einen feinen Querschnitt macht, den man mit Wasser befeuchtet unter das Mikroskop bringt, wie Figur 136 und 137 zeigt:

Figur 136.



Ein feiner Querschnitt aus dem getrockneten m. gastrocnemius des Menschen. 180 Mal vergr.

Figur 137.



Ein feiner Querschnitt aus dem getrockneten m. plantaris des Menschen. 300 Mal vergrössert.
a Perimysium; *b* Sarcolemma.

1) Weismann in Zeitschr. für rat. Med. 1860.

Digitized by Google

Das perimysium ist reich an sehr feinen elastischen Fasern, welche besonders deutlich hervortreten, wenn man dasselbe mit acetum concentr. behandelt. Das sarcolemma ist gleichfalls, wie aus den physikalischen Eigenschaften des Muskels hervorgeht, sehr elastisch. Es ist durchsichtig, structurlos, glatt. Man sieht zuweilen den Inhalt durch Druck entfernt und eine ganze Strecke hindurch diese dünne Membran gesondert.

20. Auf der Innenfläche derselben sitzen spindel- oder linsenförmige Kerne, oft in grosser Menge. Sie erscheinen deutlich, wenn man ein Muskelstückchen mit Essigsäure (s. Fig. 141) oder mit Kalilösung von 32% oder mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali behandelt. Sie haben einen oder zwei Kernkörperchen, selbst noch mehr, welche sehr häufig wie Fetttröpfchen erscheinen. Zuweilen stehen sie besonders bei jungen Muskelfasern dicht hinter einander oder es zeigen sich zwischen ihnen kleine Schnürchen, s. Fig. 138. Nach den Untersuchungen von Leydig, Welcker, Steffan, Rollett, Böttcher, C. O. Weber u. A. [1]) stehen die genannten Kerne mit Ausläufern in Verbindung, welche mit denen anderer anastomosiren, wodurch ein Netz innerhalb einer jeden Muskelröhre gebildet wird und eine Ähnlichkeit mit den Bindegewebs- und Knochenkörperchen entsteht. Einige halten sogar dieses Netz für hohl, so dass Säfte durch die Muskeln fortgeleitet werden können. Bei meinen eigenen Untersuchungen über diesen Gegenstand ist mir ein Fall vorgekommen, in dem die Kerne mit solchen verbreiteten, anastomosirenden Fäden in Verbindung zu stehen schienen. Die oben genannten Forscher haben an Querschnitten ihre Beobachtungen gemacht. Jedenfalls sind die Kerne für Ernährung und Fortpflanzung der Muskeln von grossem Einflusse.

Figur 138.

21. Eine Muskelfaser ist bei Erwachsenen zwischen $^1/_{32}$ bis $^1/_{140}$

---

1) Vgl. Leydig in Müll. Arch. 1856, p. 156. — Welcker in Zeitschr. für rat. Med. 1856, VIII, 226, und 1860, X. — Rollett in Sitzungsber. der Wien. Akad. 1857. — Böttcher in Virchow's Archiv 1853, XIII, 227 u. 402. — Margo in Wiener Sitzungsber. 1859. — C. O. Weber in Virchow's Archiv XV, 465.

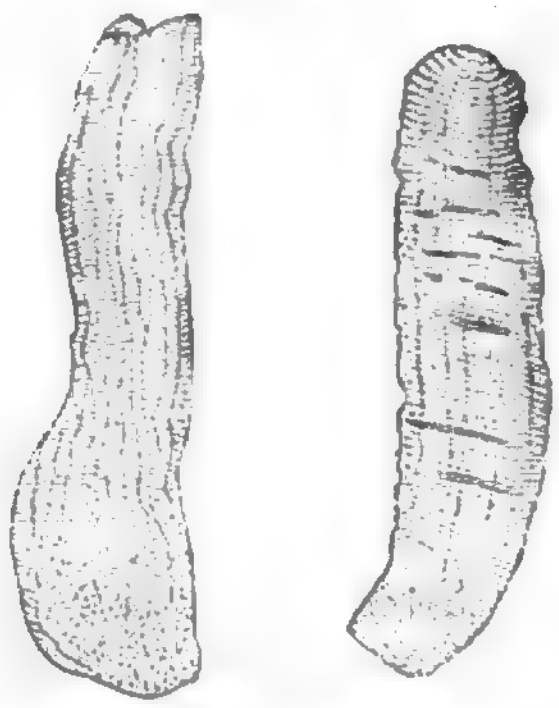
Digitized by Google

P. L. breit und zeigt auf seiner Oberfläche bald mehr bald minder zahlreiche Querstreifen, welche bald ununterbrochen, bald in Unterbrechungen erscheinen. An Stellen, an welchen man die Querstreifen nicht bemerkt, sieht man sehr feine, gleichfalls häufig unterbrochene Längsfasern, s. Fig. 139, 140.

Figur 139.

Muskelprimitivfaserbündel aus gekochtem Rindfleisch.

Figur 140.



Muskelfasern von einer Schmeissfliege.

22. Wenn ein Muskel durch Behandlung mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali oder durch die Kalilösung (p. 527) von seinen Sehnen getrennt ist, so kann man seine natürlichen Enden beobachten. Von denselben ist entweder das eine stumpf und das andere spitz oder auch beide mehr oder weniger stumpf und abgerundet. Rollett beobachtete, dass einzelne Muskelfasern nicht die ganze Länge der übrigen erreichen, sondern frei endigen. [1])

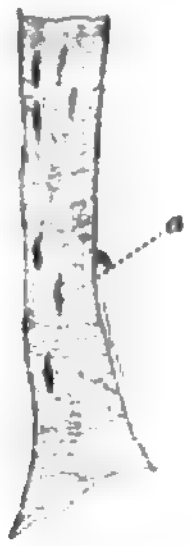
23. Die Querstreifen verschwinden weder durch Behandlung mit Essigsäure, noch durch Kochen (wenn es nicht gar zu lange geschieht) und Kauen des Fleisches, erscheinen vielmehr gerade unter diesen Umständen sehr bestimmt; sie sind selbst noch deutlich sichtbar im ausgebrochenen und eine Zeit lang dem Magensafte schon ausgesetzt gewesenen Muskelfleische; hingegen werden sie bald durch Einwirkung des starken künstlichen Magensaftes, der Fäulniss, s. Fig. 142, des anhaltenden Kochens und des Einsalzens unkenntlich. Auch an wenig bewegten Theilen, an gelähmten Muskeln verschwinden sie oft ganz und anstatt ihrer sieht man nur Längsfasern. Bei lange aufbewahrten Fröschen ist diese Erscheinung an den Extremitäten nicht

1) Vgl. Herzig in Wiener Sitzungsber. 1858, XXX, 73. — Herzig und Biesiadecki, ebend. XXXIII, 146. — Rollett, ebend. 1856 Juli. — Budge in Archiv für phys. Heilkunde 1858, p. 71, und in Moleschott's Unters. 1859, VI, 40.

Digitized by Google

ungewöhnlich. Bleiben die Muskeln sehr lange ausser Function, so werden sie in Fett umgewandelt, s. p. 437.

Figur 141.



Muskelfaser, 160 Mal vergrössert, mit Essigsäure gekocht; *a* Kerne des sarcolemma.

Figur 142.

Muskelfaser, die bereits in vollkommene Fäulniss übergegangen ist.

Figur 143.

Gespaltene Muskelfasern aus der Froschzunge.

24. Der Inhalt der Muskelfasern [1]) besteht wieder aus einer Anzahl kleiner Partikelchen, welche man nach Bowman sarcous elements, Fleischtheilchen, nennt. Diese sind unter einander durch eine hellere bindende Substanz vereinigt und zwar der Art, dass sie in der Regel fester der Länge als der Quere nach aneinander haften. Wenn also eine Muskelfaser weiter zerfällt, so bilden sich in Längsreihen geordnete feine Stränge, welche man Fibrillen ($^1/_{1000}$ bis $^1/_{2000}$‴) nennt, seltener erscheinen Scheiben (discs). Man sieht Fibrillen sogar ohne alle Anwendung von Reagentien, wenn die Muskeln in den Mundflüssigkeiten (Henle) oder in Sublimatwasser (Schwann) der Maceration ausgesetzt werden. Ich habe sie durch die Verbindung von Salpetersäure mit chlorsaurem Kali nach längerer Einwirkung oft sehr schön beobachtet, so dass die ganze Faser in Fibrillen zerlegt war. — Bei wirbellosen Thieren, z. B. in gekochten Muskeln des Flusskrebses sieht man die Fibrillen mitunter ganz prächtig. — Wenn nun nach einer der angegebenen Weisen das

1) Man vergleiche Bowman in Todd Cyclop.: Muscle und Philos. Transact. 1840. 1841. — E. Weber in Wagner's Handwörterb. 1846, III, 2. — Dobie in Ann. of nat. hist. 1849. — Kölliker in Zeitschr. für wiss. Zool. 1856, p. 313. Gewebelehre 3. Aufl., p. 172. — Henle, Allgem. Anat. 1841, p. 578. — Jahresbericht 1859, p. 47. — Frerichs in Wagner's Handwörterb. III, 1. p. 814. — G. Weber, De digestib. carnis. Gryph. 1857, p. 15. — Häckel in Müller's Archiv, 1857 p. 486. — Rollett in Sitzungsber. der Wien. Akad. 1857. — Brücke, ebend., und Denkschr. 1858, XV, 69. — Munck in Gött. Nachrichten 1858. — Budge in Archiv für phys. Heilk. 1858, p. 71. — Kühne in Sitzungsber. der Berl. Akad. 1859, p. 493. — Reiser, Reag. auf Muskeln. Dissert. Zürich 1859.

Bindemittel, welches zwischen den Fibrillen vorhanden ist, aufgelöst wird, so hat man in der sehr verdünnten Salzsäure ein anderes Mittel, durch welches die Verbindung der Fleischtheilchen in der Längsrichtung aufgehoben wird und daher ein Zerfallen in Scheiben (discs) erfolgt (Harting). Im Magen finden sich deshalb solche discs (nach Frerichs, was ich mit G. Weber gleichfalls beobachtete). Hieraus schon hat die Annahme, dass die sarcous elements die Elemente der Muskelfaser sind, mehr Wahrscheinlichkeit, als die andere, welche z. B. Kölliker für die richtigere hält, dass die Fibrillen in ihrer ganzen Länge aus einer und derselben Substanz gebildet sind, in welcher dichtere und weniger dichte Stellen die dunklern und hellern Zonen ausmachen. Brücke fand zudem, dass in den frischen Muskelfasern, welche mit polarisirtem Lichte untersucht werden, zweierlei brechende Substanzen seien. Er sieht die sarcous elements als Gruppen kleiner doppelbrechender positiv einaxiger Körper an, deren optische Axen der Faserrichtung parallel liegen, und nennt sie Disdiaklasten. Hingegen fand er die helle Zwischensubstanz aus einer einfach brechenden (isotropen) Substanz bestehen. — Die Querstreifen in der Muskelfaser lassen sich am Einfachsten aus den dicht neben einander liegenden Fleischtheilchen deuten, und wenn man viele Untersuchungen mit dem von mir angegebenen Mittel angestellt hat, kann man sich kaum dieser Ansicht erwehren. Andere Forscher, wie z. B. Henle, sehen die Querstreifen für den optischen Ausdruck einer Formveränderung der Fibrillen an, durch eine Kräuselung derselben entstanden, wie sie auch unter geeigneten Umständen an andern Fasern, wie den Bindegewebsfasern sich zeigen und sogar bei weniger Geübten Verwechselung mit Muskeln veranlassen können. — Dass die Querstreifen nicht dem sarcolemma angehören, wie E. Weber und theilweise Funke annehmen, ist aus der Untersuchung des seines Inhalts entleerten sarcolemma ganz sicher.

Die Querstreifen der Muskeln entstehen nicht erst im Tode, sondern sind schon während des Lebens vorhanden. Man überzeugt sich davon an der ausgespannten Zunge eines lebenden Frosches unter dem Mikroskope, an welcher man die Querstreifung und die Blutcirkulation neben einander sehen kann. — Kühne hält den contractilen Inhalt der Muskelfasern für flüssig. Dies kann hiernach schon nicht richtig sein. Aber wohl haben die lebenden Muskeln viel durchsichtigern und hellern Inhalt, als todte. Mit Recht bezeichnet daher Henle diesen als festweichen und hebt die Gründe gegen Kühne's Annahme hervor.

25. Die zweite Art der Muskelfasern nennt man cylindrische oder glatte, oder Faserzellen. Sie kommen vor: in der muscularis

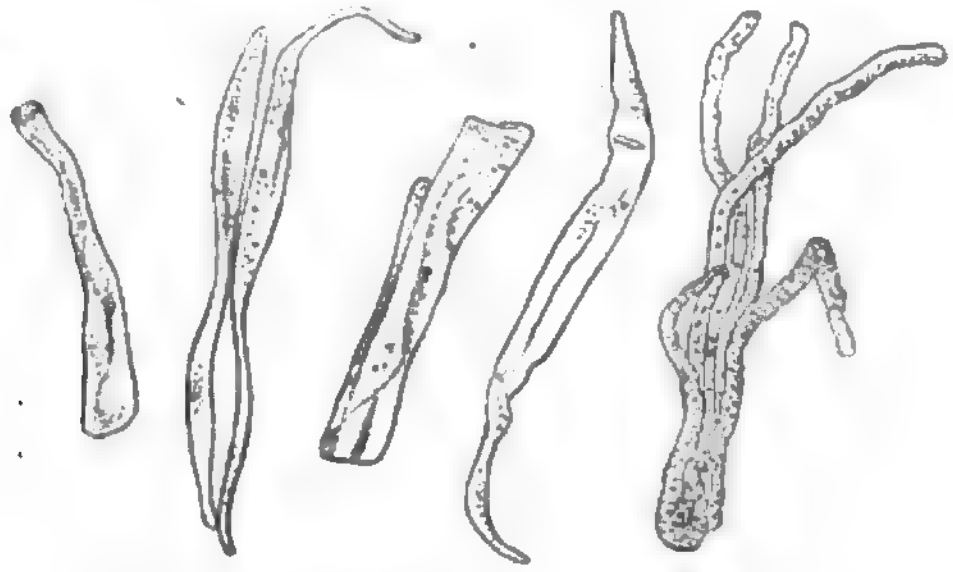
Cylindrische Muskelfasern.

Digitized by Google

Vorkommen.

des ganzen Darmcanals vom untern Drittheil der Speiseröhre bis zum sphincter ani internus, in der Muskellage der Schleimhaut, in den Zotten, in der Gallenblase, dem ductus choledochus, der Milz, den Nierenkelchen, dem Nierenbecken, den Ureteren, der Harnblase, spärlich in der urethra, in der tunica dartos, zwischen vaginalis communis und propria, in den Nebenhoden, dem vas deferens, den Samenblasen, den corpora cavernosa penis, den Cowperschen Drüsen, der prostata; dem uterus, den tubae, zum Theil in den ligamenta uteri rotunda; in dem ductus Whartonianus; der Haut, den Haarbälgen; der Luftröhre und den Bronchialästen der Lunge; den Lymphdrüsen; der mittleren Haut der Arterien und Venen, der iris bei

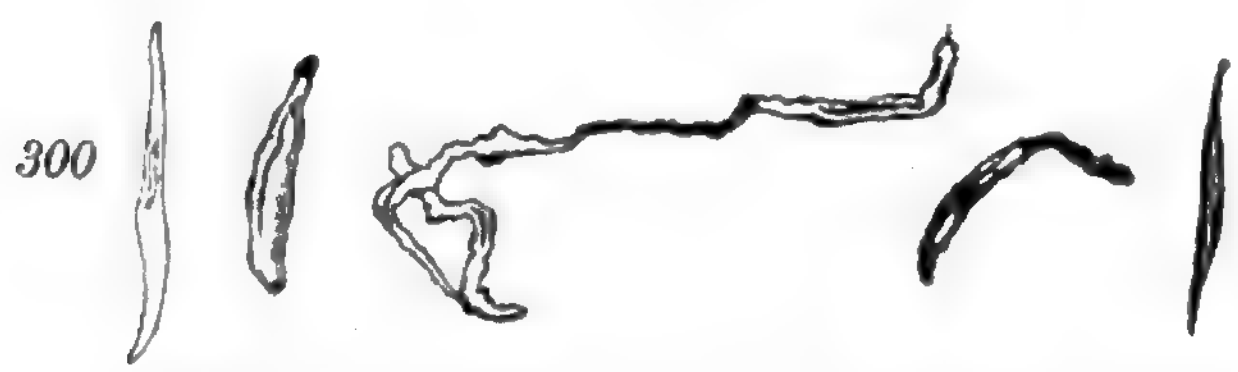
Figur 144.



Cylindrische Muskelfasern aus einer Schweinsblase.

allen Säugethieren, dem tensor chorioideae (Kölliker).[1]) — Bei Thieren sind besonders bemerkenswerth diese Fasern in dem amnion bei Hühnchen (Remak), in der Schwimmblase der Fische, in den

Figur 145.



Cylindrische Muskelfasern aus dem menschlichen Magen. 300 Mal vergrössert.

Froschlungen, im Trommelfell der Frösche (Leydig). — Nach Moleschott[2]) sind auch in der Wand der Lungenbläschen bei Säugethieren glatte Muskelfasern enthalten.

1) Kölliker in Zeitschr. für wiss. Zool. 1849, I. Würzb. Verh. VIII, 109.
2) Moleschott in Wien. med. Wochenschrift 1859, No. 49.

Digitized by Google

26. Bei vielen der genannten Organe bilden die Muskeln zusammenhängende fleischige Membranen, wie z. B. in den Verdauungsorganen, während in andern dieselben mit andern Geweben untermischt sind. Mit jenen muss man bei dem Studium beginnen. Hat man eine Muskelhaut, wie die des Magens, in möglichst feine Fasern zerrissen, so findet sich, dass eine solche Faser aus vielen Elementarfasern besteht, welche dicht mit einander verklebt sind. Nur einzelne stehen am Rande oder den Enden des Präparates hervor. Das erste, was an dem Bande, das man vor Augen hat, bemerkt wird, ist eine grosse Menge von Kernen, welche noch deutlicher werden, wenn man die zu untersuchende Substanz mit verdünnter Essigsäure behandelt hat. Bei genauerer Untersuchung, welche man vorzugsweise Kölliker verdankt, hat sich ergeben, dass die glatten Muskeln einfache modificirte Zellen mit einem länglichen Kerne sind, an denen man eine Differenz zwischen Hülle und Inhalt nicht wahrnimmt. Man nennt sie daher auch mit Recht nach Kölliker Faserzellen. Ihre Länge schwankt zwischen 0,02‴ bis 0,04‴, ihre Breite von 0,002‴ bis 0,003‴. Am schwangern uterus sind sie besonders lang. — Man kennt mehre vortreffliche Mittel, um die Faserzellen zu isoliren. Dazu gehören Salz- und Salpetersäure mit vier Mal soviel Wasser verdünnt (Reichert), [1]) ferner verdünnte Essigsäure von 1,07 spec. Gew. (auf 1 Vol. Ac. 99 Vol. destill. Wasser) bei einer Zimmertemperatur von 20° C., besonders wenn die Muskelhaut schon einen Tag gelegen hat (Moleschott). Ein sehr gutes Mittel ist eine Kalilauge von 32,5%, welche so bereitet wird, dass 32,5 Gewichtstheile Kali causticum in baculis in 67,5 Gewichtsth. dest. Wassers gelöst werden. Nach $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde zerfallen in Zimmertemperatur die Fasern vollständig. Das Einzige, was man an diesem von Moleschott empfohlenen Zersetzungsmittel etwa aussetzen könnte, ist, dass der Kern oft etwas undeutlich wird. Fast noch besser ist die von mir bei quergestreiften Muskeln empfohlene Mischung von Salpetersäure mit chlorsaurem Kali, welche jedoch einer längern Einwirkung bedarf.

Kennzeichen.

27. b) Chemisches Verhalten der Muskeln. Die quergestreiften Muskeln sind genauer in dieser Beziehung bekannt, als die glatten. Das Folgende bezieht sich wesentlich auf jene.

Chemisches Verhalten der Muskeln, 27—38.

28. Zwischen den Muskelfasern ist eine Flüssigkeit enthalten, die sogen. Fleischflüssigkeit. Man erhält dieselbe durch Auspressen aus frischem Fleische. Sie kann natürlich nicht die Tränkungsflüssigkeit allein darstellen, weil schon durch die Zubereitung die Fasern selbst nothwendig theilweise zerrissen werden müssen und jedenfalls

Fleischflüssigkeit.

1) Reichert in Müller's Archiv 1849.

Digitized by Google

ihr eigener Inhalt durch den angewandten Druck beim Auspressen das dünne sarcolemma durchdringt; dann aber müssen sich Blutbestandtheile in dieser Flüssigkeit finden, da bei der Operation kleine Gefässe bersten. Nichtsdestoweniger lernt man aus dieser Untersuchung der Muskeln in Gemeinschaft mit der mikro-chemischen die Muskelbestandtheile im Ganzen kennen. Man muss dabei immer noch bedenken, dass bei der raschen Umsetzung der organischen Bestandtheile nicht ohne Weiteres daraus auf die Zusammensetzung während des Lebens geschlossen werden kann.

Reaction. 29. Dies ergibt sich schon daraus, dass nach den neueren Untersuchungen von Dubois-Reymond [1]) während des Lebens die Mukelflüssigkeit alkalisch reagirt, aber schon bald nach dem Tode Lackmuspapier röthet. Auch während der Muskel in Contraction begriffen ist, erscheint die saure Reaction. Die Säure gehört dem Innern des Muskels an, da anfangs die Muskeln nur auf dem Querschnitte nach Dubois reagiren, nicht auf der Oberfläche.

Säuren und andere organische Bestandtheile. 30. Der aus dem frischen Fleische ausgepresste saure Saft enthält nach Liebig [2]) freie Milchsäure, Albumin (ungefähr 3%), Kreatin (0,065—0,32%), Kreatinin, Inosinsäure, nach Städeler Hypoxanthin, Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure.

Zucker. 31. Scherer fand in den Herzmuskeln einen eigenthümlichen Zucker, Inosit (C_{12} H_{12} O_{12} + 4 HO). Derselbe zeigt gar kein Drehungsvermögen für polarisirtes Licht, geht nicht in alkoholische Gährung über, reducirt auch nicht das Kupferoxyd, wie andere Zuckerarten. — Man hat auch verschiedentlich im Muskelfleische Traubenzucker entdeckt, so Poiseuille und Lefort kleine Mengen im Fleische von Schlachtvieh, ebenso Berard, sowie Sanson Dextrin, Rouget und Bernard im embryonalen Muskelgewebe eine glycogene Substanz. Aber erst in neuester Zeit hat Meissner genaue Untersuchungen [3]) über den Gegenstand angestellt, welche ergeben haben, dass in dem Fleische stets eine dem Traubenzucker vollkommen ähnliche Zuckerart, Fleischzucker, sich vorfindet, welcher alle Eigenschaften des Traubenzuckers in Betreff der Löslichkeit, der Fähigkeit, Kupferoxydsalze zu reduciren, sowie in Gährung überzugehen, besitzt. Annähernd beträgt seine Menge meistens 2—3 pro mille. — Er findet sich auch bei Thieren, welche bloss mit Fleisch gefüttert worden sind und entsteht wahrscheinlich durch Zerspaltung einer Proteinsubstanz. (Vgl. p. 398, §. 782.)

1) Dubois-Reymond, De fibrae musc. reactione ut chemicis visa est acida. Berol. 1859, und Monatsschr. d. Berl. Akad. 1859, p. 288.

2) Liebig in Ann. d. Chemie, Bd. LXXIII.

3) Meissner in Nachr. der Gött. Ges. der Wiss. 1861, No. 15, p. 206.

Digitized by Google

32. In sehr geringer Menge fand sich auch Harnsäure im Muskel, Harnstoff hingegen nur in krankhaften Zuständen, jedoch normal im Muskelfleische von Plagiostomen nach Frerichs und Städeler, nicht in dem anderer Fische. Harnsäure. Harnstoff.

33. Niemals fehlt Fett in den Muskeln, selbst in den magersten. Dies Fett bildet sich wahrscheinlich in den Kernen, in welchen man sehr gewöhnlich schon Fetttröpfchen bemerkt. Fett.

34. Der Leim, den man durch langes Kochen von Muskelfleisch erhält, rührt grösstentheils vom Bindegewebe her, welches die Fasern verbindet. In dem sarcolemma scheint keine leimgebende Substanz enthalten zu sein, weil es nach langem Kochen doch sichtbar bleibt. Die löslichen Stoffe der Fleischflüssigkeit betragen 6—8%; der Wassergehalt der Muskeln beim Menschen ungefähr 80%. Leim.

35. Der Inhalt der Muskelfasern ist eine Proteinsubstanz, die man früher Muskelfibrin nannte, jetzt Syntonin (Lehmann) [1]). Muskeln, welche während des Lebens oder sehr rasch nach dem Tode untersucht werden, zeigen helle und durchsichtige Fasern unter dem Mikroskope, worauf früher R. Wagner, neuerdings Kühne [2]) hinwies. Später werden sie dunkler, wahrscheinlich in Folge einer Gerinnung des Syntonins. Kühne geht wohl zu weit, den Zustand des Syntonins während des Lebens geradezu als flüssig anzugeben und es möchte wohl mit Henle [3]) die Bezeichnung halbflüssig passender erscheinen. — Die wesentliche Eigenschaft des Syntonin, durch welche es sich vom Blutfibrin unterscheidet, besteht nach Liebig darin, dass es in höchst verdünnter Salzsäure (1 auf 1000 destillirtes Wasser) sich löst, während das Muskelfibrin darin aufquillt. — Durch Zusatz von Alkalien zu der sauren Lösung wird das Syntonin wieder gefällt. Muskelfibrin, Syntonin.

36. Wird Muskelfleisch in die angegebene verdünnte Salzsäure gelegt, so verschwinden die Querstreifen dadurch nicht. Wenigstens waren sie nach meiner Untersuchung noch nach 48 Stunden vollständig deutlich zu erkennen. Mikro-chemischen Verhalten.

37. Die Alkalien zerstören zuerst die quergestreifte Masse, dann die Kerne und greifen am Wenigsten das sarcolemma an. Nachdem Ochsenfleisch 17 Stunden in drei verschiedenen Verdünnungen von liquor natri hydrici (a) 1 : 400, b) 1 : 200, c) 1 : 100) gelegen hatte, waren überall noch deutlich die Muskelhüllen zu erkennen, bei a waren die Querstreifen noch vollkommen sichtbar, bei b nur an ein-

1) Lehmann, Phys. Chemie, Bd. III, p. 72.
2) Kühne in Sitzungsber. der Berl. Akad. 1859, p. 493.
3) Henle, Jahresber. 1859, p. 47.

Digitized by Google

zelnen, bei c kaum an einer Faser mehr zu erkennen. Bei diesen Präparaten waren Kerne höchst sparsam mehr aufzufinden. Wenn man kaustisches Natron unverdünnt auf Muskelfasern bringt, so werden sehr rasch die Querfasern undeutlich, hingegen treten die Kerne sehr stark hervor, sowohl am Rande, als in der Mitte.

38. Von anorganischen Substanzen sind die Kalisalze, Phosphate und Kalkerde überwiegend über die Natronsalze, Chlormetalle und Magnesia; schwefelsaure Salze sind nur spurweise vorhanden. Auf 100 Theile Natron sind an Kali enthalten:

	Huhn.	Ochse.
im Blute . . .	40,8	5,9
im Fleische .	381	279 (Liebig).

Elektrisches Verhalten der Muskeln a) während der Ruhe.

39. c) Elektrisches Verhalten der Muskeln. Oben p. 460 wurde das Muskelgesetz, wie es von Dubois-Reymond angegeben ist, bereits erwähnt.

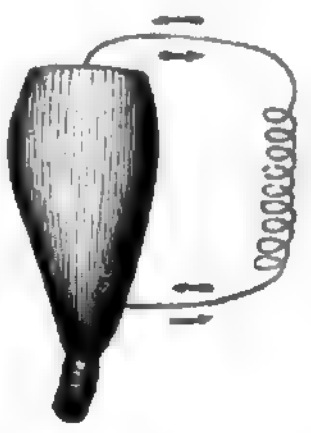
Künstlicher und natürlicher Muskelstrom.

40. Meine [1]) Untersuchungen, welche ich am m. gastrocnemius des Frosches anstellte, haben gezeigt, dass dasselbe in der von diesem Forscher angegebenen Weise nicht haltbar ist. Sie führten zu folgenden Resultaten. In diesem Muskel sind zwei verschiedene elektrische Strö-

Figur 146.

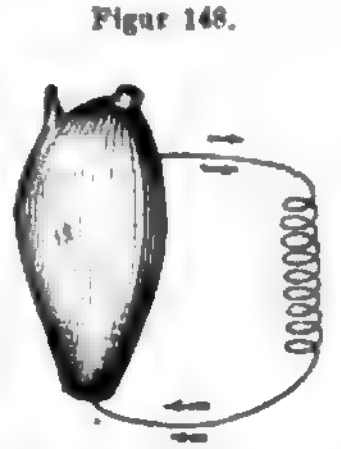
M. gastrocnemius vom Frosch.

Figur 147.



Stromesrichtung eines am obern Ende quer durchschnittenen m. gastrocnemius.

Figur 148.



Stromesrichtung eines am untern Ende quer durchschnittenen m. gastrocnemius.

mungen vorhanden, die eine, welche ich den künstlichen Strom nenne, ist die, welche bereits von Matteucci wohl gekannt, von Dubois genauer präcisirt worden ist. Sie geht im Multiplicatordrahte von dem natürlichen Längsschnitte zu dem künstlichen Querschnitte (p. 460). Die andere geht im Multiplicatordrahte vom Kopfende des Muskels zu seinem Schwanzende, also im Muskel selbst von dem Achillessehnenende nach Oben. Ich nenne diesen den natürlichen Strom. Je nachdem man also einen Querschnitt macht, wird man sehr verschiedene Resultate haben. Macht man am Kopfende einen Querschnitt und legt denselben auf einen Bausch (p. 456), und die Ober-

1) Vgl. Budge in Deutscher Klinik 1861, No. 22.

Digitized by Google

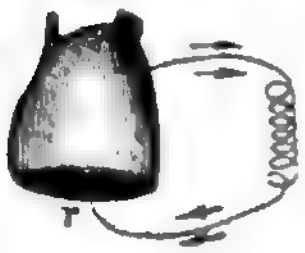
fläche des Muskels z. B. oberhalb der Achillessehne auf den andern Bausch, so geht ein Strom (der natürliche) vom Kopfende nach Unten, der andere (künstliche) Strom hingegen vom Längsschnitt zum Querschnitt und weil ersterer unten, letzterer oben am Muskel den Bäuschen aufliegt, von Unten nach Oben (Fig. 147). Wir haben mithin zwei einander entgegengesetzte Ströme. Es kommt nun darauf an, welcher der stärkere ist. Ist der natürliche stärker, so wird der künstliche überwunden und wir sehen, dass die Nadel einen Strom vom Quernach dem Längsschnitt anzeigt, also gerade umgekehrt, wie der Hauptsatz des Dubois'schen Gesetzes lehrt. Halten sich beide Ströme das Gleichgewicht, so kommt nach einem ersten Ausschlage die Nadel im Nullpunkt zur Ruhe. — Hat der künstliche Strom das Uebergewicht, so sehen wir zwar das Dubois'sche Gesetz, aber der constante Ausschlag ist immer viel geringer, als unter den günstigern, gleich anzugebenden Bedingungen. Es kommt hierbei das interessante, aber nothwendige Resultat vor, dass, wenn man einen frischen Querschnitt macht, oder den altgewordenen wieder anfrischt, der künstliche Strom zum Vorschein kommt, das Dubois'sche Gesetz seine Geltung erhält; wenn aber der Querschnitt etwas älter wird, die Nadel im entgegengesetzten Sinne ausschlägt.

41. Legt man hingegen den Querschnitt am Achillessehnenende an (Fig. 148), dann unterstützen sich beide Ströme, denn der natürliche sowohl als der künstliche gehen von Oben nach Unten. — Man wird daher hier immer den Ausschlag stärker finden, als wenn man an dem obern Muskelende einen künstlichen Querschnitt mit einem Längsschnitt am untern Ende wie in Fig. 147 verbindet; auch in dem Falle, dass der natürliche Strom der schwächere sein sollte und die Nadel nicht in den andern Quadranten übergeht.

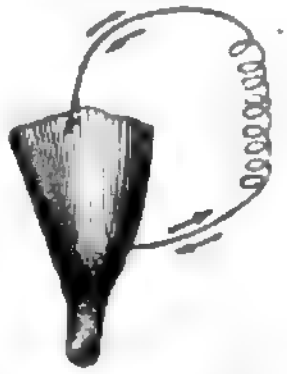
42. Die Erscheinungen werden besonders klar, wenn man den m. gastrocnemius in zwei Hälften, eine obere und untere theilt, wie

Figur 150.

Figur 149.

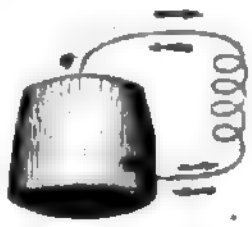


Obere Hälfte des m. gastrocnemius, *r* Aequatorialquerschnitt, *s* natürlicher Längsschnitt am Kopfende.



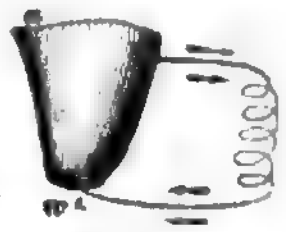
Untere Hälfte des m. gastrocnemius, *r* Querschnitt im Aequator, *s* Längsschnitt oberhalb der Achillessehne.

Figur 151.



Obere Hälfte des m. gastrocnemius mit zwei künstlichen Querschnitten, *v* der obere Querschnitt am Kopfende, *w* der natürliche Längsschnitt in der Nähe des Aequators.

Figur 152.



Untere Hälfte des m. gastrocnemius, *w'* künstlicher Querschnitt oberhalb der Achillessehne, *v'* natürlicher Längsschnitt unterhalb des Aequators *a*.

Digitized by Google

in den Figuren 149—152. — In Fig. 149 und 151 ist das Kopfende und in Fig. 150 und 152 das Schwanzende bis zum Aequator (p. 460) des Muskels dargestellt. Die Bäusche sind in Fig. 149 an den Aequatorialquerschnitt *r* und den Längsschnitt *s* angelegt. Der eine (natürliche) Strom geht von *s* nach *r*, der andere (künstliche) gleichfalls von *s* nach *r*. Der Ausschlag ist grösser, als wenn man wie in Fig. 151 an demselben Muskelstücke den Querschnitt *v* und Längsschnitt *w* mit einander verbindet. Im letztern Falle sind, wie die Pfeile andeuten, die Ströme entgegengerichtet. Ebenso erhält man bei der Anordnung wie in Fig. 150 einen schwächern Ausschlag, als bei derjenigen in Fig. 152 aus gleicher Ursache.

43. Da Dubois nur einen Strom gekannt hat, so konnte sein Muskelgesetz nicht richtig sein. — Oben p. 460 wurde bei der Darstellung des Gesetzes auch von der elektrischen Ungleichheit gesprochen, welche von der Entfernung eines Punktes des Längsschnitts vom Aequator oder eines Punktes des Querschnitts von der Axe herrühre. Diese Annahme ist jedoch nicht richtig. Wenn man z. B. in gleicher Entfernung vom Aequator je einen Bausch an das obere und untere muskulöse Ende des m. gastrocnemius anlegt, so sollte nach Dubois gar keine Ablenkung der Nadel auftreten. Dies ist nicht der Fall. Im Gegentheil ist dieselbe viel grösser, als wenn etwa oberhalb der Achillessehne die beiden Bäusche ziemlich nahe neben einander liegen, so dass doch sicher der eine Muskelpunkt weiter vom Aequator absteht, als der andere. Am m. sartorius ist der Ausschlag zwischen oberem Ende und der Mitte sehr verschieden von dem zwischen unterm Ende und der Mitte.

44. Auch die Ansicht, dass die Sehnen als natürliche Querschnitte zu betrachten seien, wie Dubois angibt, lässt sich nicht halten. Die Achillessehne verhält sich allerdings immer negativ gegen den Längsschnitt, aber nicht, weil sie den Querschnitt repräsentirt, sondern weil sie dem untern Muskelabschnitte angehört und ein elektrischer Gegensatz zwischen dem obern und untern Muskelende besteht. — Gebraucht man die obere Sehne, so bemerkt man niemals eine Stromesrichtung von dem Längs- nach dem sogen. natürlichen Querschnitte, d. h. von der Oberfläche des Muskels zur obern Sehne, sondern stets umgekehrt. Es ist kein künstlicher Querschnitt gemacht und daher der künstliche Strom nicht vorhanden.

45. Die nach Dubois an den Sehnen vorkommenden Unregelmässigkeiten der Stromesrichtung, welche er, um sein Gesetz aufrecht zu erhalten, durch eine eigene Anordnung der Moleküle, die sogen. parelektronomische Schicht (p. 463) zu erklären versucht, lassen sich höchst wahrscheinlich aus den in dem Muskel vorkommenden doppelten Strömen erklären.

Digitized by Google

46. Weitere Untersuchungen werden lehren, ob in allen Muskeln die beiden Ströme in gleichem Verhältnisse, wie im m. gastrocnemius zu einander stehen. Einen Gegensatz zwischen den beiden Polen habe ich jedoch bereits mit Bestimmtheit an mehren Muskeln, z. B. tibialis anticus, peronei, adductor magnus beobachtet.

Umkehr der Stromesrichtung.

47. Der Muskelstrom dauert noch nach dem Erlöschen der Muskelcontractilität fort. Diese Thatsache ist entgegen der Annahme von Dubois durch Valentin, Schiff und Meissner nachgewiesen worden. Bei dem durch Strychnin, Verblutung und Erstickung erfolgten Tode soll der Muskelstrom nicht so lange als gewöhnlich andauern (Matteucci).

b) Muskelstrom während der Contraction. Negative Stromesschwankung.

48. Wenn ein Muskel sich contrahirt, so findet nach Matteucci ein Aufhören des Stromes statt. Dieser Ausspruch muss nach Dubois [1]) so verbessert werden, dass die Stromesstärke nur abnimmt. Man nennt diese Erscheinung negative Stromesschwankung. Werden zwei Muskeln gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung zwischen die Bäusche gelegt, so dass die Ströme sich ausgleichen und die Nadel auf *o* steht, so beobachtet man, dass durch die Erzeugung einer Contraction in dem einen Muskel die Nadel in dem Sinne abweicht, welchen der nicht gereizte Muskel verlangt, woraus hervorgeht, dass der Strom des gereizten Muskels abgenommen hat.

49. Meissner [2]) beobachtete, dass wenn der in den Galvanometerkreis mit seinem natürlichen Längsschnitt und dem Querschnitt oder mit der Sehne eingeschaltete leistungsfähige, reizbare Muskel den Magneten in dauernder Ablenkung von seinem Nullpunkt eingestellt hat, so bewirkt eine Zusammendrückung des Muskels in der Richtung der Längsaxe, also in der Richtung der Muskelfasern eine negative Schwankung, wird hingegen der Muskel gedehnt, so entsteht eine positive Schwankung.

Physikalisches Verhalten der Muskeln 50—53.

50. d) Cohäsion, Dehnbarkeit und Elasticität der Muskeln. Den m. sartorius frischer menschlicher Leichen sah Wertheim [3]) reissen:

im Alter von	durch ein Gewicht von
1 Jahre	0,07 Kilogr.
30 Jahren	0,026 „
74 Jahren	0,017 „

so dass also mit dem Alter die Cohäsion abnimmt. — Mehre Tage nach dem Tode reissen nach Wertheim und Valentin die Muskeln eher, als unmittelbar nach dem Tode. — Eine Viertel- bis halbe

1) Dubois, Untersuchungen, II, a. p. 25 fg.
2) Meissner in Nachr. der Gött. Ges. der Wiss., Aug. 1861, No. 15, p. 217.
3) Wertheim in Ann. de chim. et phys. 1847, XXI, 385.

Digitized by Google

Stunde nach der Enthauptung eines Frosches riss der m. gastrocnemius nicht bei einer Belastung von 540 Grm., während 24 Stunden später dies bei einer Belastung von 277 Grm. geschah (Valentin). — Hingegen nimmt nach Busch [1]) in der nach dem Tode eintretenden Starre die Cohäsion zu.

51. E. Weber [2]) und Wertheim fanden, dass wenn ein Muskel ausgedehnt wird, indem man an ein Ende desselben eine Wage befestigt und diese durch Gewichte belastet, die Verlängerungen nicht proportional mit diesen Gewichten wachsen, sondern bei steigender Belastung abnehmen. Jemehr ein lebender Muskel durch Ausdehnung gespannt ist, desto weniger lässt er sich noch weiter ausdehnen. Geschieht die Ausdehnung durch angehängte Gewichte, so ist dieselbe relativ grösser bei geringer, als starker Belastung. Ein Muskel von 24,95 Millimeter Länge wurde durch eine Belastung von 1 Grm. um 5,05 Millim. verlängert, durch eine weitere Belastung von 1 Grm. hingegen nur noch um 2,30 Millim. u. s. w. (Schwann, E. Weber).

Die Beobachtungen von Wundt [3]) lehren hingegen, dass bei getödteten Fröschen in den ersten Minuten der Untersuchung die durch nur mässig schwere Gewichte bewirkten Verlängerungen sehr genau den Gewichten proportional sind, dass aber später die Dehnungen langsamer abnehmen. Bei lebenden Muskeln zeigte sich dies Verhältniss zwischen Gewicht (1, 2, 5 Grm.) und Ausdehnung sehr deutlich.

Die Ausdehnung der Muskeln, wie aller elastischer Körper ist zwar bei dem ersten Auflegen der Gewichte am stärksten, jedoch dauert sie noch längere Zeit, wenn auch in sehr geringem Masse weiter fort. Man nennt dies elastische Nachwirkung.

52. Während des Lebens sind die Muskeln im Zustande der Ruhe zwischen den Knochen, an welche sie angewachsen sind, ausgespannt. Wird ein Ende abgelöst, so zieht sich der Muskel zu seiner natürlichen Länge zurück; seine Dehnung ist aufgehoben. Wird ein Glied gebeugt oder gestreckt, so vermehrt sich die Ausdehnung in dem antagonistischen Muskel. Durchschneidet man einen Muskel, so ziehen sich seine beiden Enden zurück. Alles dies ist Folge der Elasticität des Muskels.

53. Vollkommen elastisch würde ein Muskel sein, wenn er nach jeder Ausdehnung genau seine frühere Länge wieder erreichen würde und ebenso nach jeder Zusammenziehung. Nur bei Anwendung kleiner Gewichte und kurz nach dem Tode tritt eine Verkürzung ein, wie

1) S. Burdach, Phys., III, 688.
2) E. Weber in Wagner's Handwörterbuch, III, 2, p. 78.
3) Wundt, Lehre von der Muskelbewegung, Braunschweig 1858, p. 34.

Digitized by Google

sie vorher war. Unter andern Umständen bleibt der Muskel länger. — Hinsichtlich der elastischen Wirkung auf die Verkürzung fehlen noch die Beobachtungen.

Der Nutzen der Dehnbarkeit und Elasticität der Muskeln ergibt sich vorzüglich bei der Contraction derselben.

2) Einwirkung des Blutzuflusses auf Muskelbewegung.

Wirkung der Blutentziehung auf Bewegung.

54. Entziehung von Blut ist von sehr bestimmtem Einflusse auf die Bewegung. Wenn die Hauptarterie eines Gliedes unterbunden wird, so wird dasselbe schon nach 8—10 Minuten (Segalas), bei Fröschen aber erst nach mehren Stunden und selbst noch später (Engelhardt, Valentin) schwach und völlig gelähmt, so dass die Thiere das Glied nur nachschleppen. Es tritt sogar Todtenstarre ein. Besonders auffallend ist die überaus rasch eintretende Paralyse in Gefühl und Bewegung des Hinterkörpers, welche sogleich erfolgt, wenn ein Band um die aorta abdominalis gelegt wird. — Nach dem Tode eines Thieres, dem während des Lebens die Hauptarterie des Gliedes schon eine Zeit lang unterbunden war, hört die Reizbarkeit rascher auf, als im gesunden Gliede, und jenes kann bei seiner Contraction kein so starkes Gewicht heben, als dieses (Engelhardt). Aus diesen Beobachtungen scheint zu folgen, dass der Blutzufluss zu den Muskeln eine unerlässliche Bedingung ist, ohne welche die Contraction derselben nicht zu Stande kommt.

55. Wenn Muskeln ihre Reizbarkeit bereits verloren haben, so kehrt dieselbe nach Einspritzung von Blut in das betreffende Glied wieder zurück (Kay). Nachdem Brown-Séquard die aorta und vena cava eines Kaninchens durchschnitten hatte, bei dem schon nach 10—20 Minuten Todtenstarre eingetreten war, verband er die Gefässe mit den gleichnamigen eines lebenden durch Röhren. Nach 6—10 Minuten schwand die Todtenstarre und die Muskelreizbarkeit, die vollends erloschen war, kehrte wieder. Auch nach Unterbindungen der aorta abdominalis bei Thieren sahen Brown-Séquard und Stannius [1]) Reizlosigkeit der Muskeln und Todtenstarre eintreten und nach Öffnung der Ligatur schwinden. Bei Enthaupteten sah Brown-Séquard noch fast 14 Stunden nach dem Tode die verschwundene Reizbarkeit durch Einspritzen von frischem Blute wiederkehren. Ueber den Einfluss des Blutes auf das Herz war p. 322 die Rede.

56. Es ist von Interesse, zu beobachten, wie die nach Unterbindung der aorta abdominalis aufgehobene Bewegung und Empfindung des Hinterkörpers wieder eintritt, nachdem der Kreislauf her-

---

1) Brown-Séquard in C. r. 1851, XXXVI, 855 u. 897. — Stannius im Arch. f. phys. Heilk. 1852, p. 1.

Digitized by Google

gestellt ist. Ich habe darüber mehre Versuche angestellt. Wohlätherisirten Kaninchen hatte ich die Bauchhöhle geöffnet,[1]) die aorta abdominalis blossgelegt und als das Thier wieder von der Aethernarcose völlig frei war, eine gut schliessende Schieberpincette um die Arterie gelegt. Schon nach 1 Minute wurde der Hinterkörper wie eine angebundene Last fortgeschleppt, das Gefühl war vollkommen aufgehoben. Als die Pincette wieder geöffnet war, dauerte es nur kurze Zeit, bis die Bewegung zurück kehrte. — Bei diesem Versuche jedoch sind nicht allein die Muskeln die gelähmten Theile, sondern zugleich auch die Nerven. Man kann nämlich das Rückenmark öffnen und mittelst eines starken Inductionsapparats reizen, oder den n. ischiadicus, ohne dass der gewöhnliche Erfolg eintritt.

3) Einfluss des Nervensystems auf die Muskelbewegung.

Einfluss des Nervensystems auf Bewegung.

57. Die allermeisten Bewegungen, welche sich im gesunden Zustande zeigen, treten nur dann auf, wenn eine Erregung des Nervensystems vorausgegangen ist. Man sieht dies am deutlichsten bei den willkührlichen Bewegungen, zu deren Begriff das Vorhandensein von Vorstellungen, von Empfindungen nothwendig vorausgesetzt werden muss, die aber wiederum ohne Nerveneinfluss nicht bestehen. — Auch bei einem grossen Theile der unwillkührlichen Bewegungen ist dies durch Thatsachen festgestellt. Wenn nun auch noch nicht von allen Bewegungen, z. B. der des Herzens, des Darms u. s. w. mit derselben Schärfe der Weg bekannt ist, auf welchem die Nerven auf diese Organe einwirken, so weiss man doch, dass ihr Einfluss ausserordentlich gross ist. Man behauptet daher nicht zuviel, wenn man für alle Muskelbewegungen eine Unentbehrlichkeit des Nervensystems annimmt.

Bei Missbildungen nachweisbar.

58. Hiermit stimmen auch die Beobachtungen von E. H. und E. Weber,[2]) nach welchen bei Missbildungen niemals quergestreifte Muskeln vorhanden sind, wenn deren Nerven fehlen, während sich Gefässe, Haut, Knochen und Sehnen auch in nervenlosen Theilen bilden.

Muskelbewegungen möglich ohne Nerveneinfluss.

59. Es ist natürlich durch alle diese Erfahrungen nicht dargethan, dass der einzige Weg, auf welchem überhaupt Muskeln zur Contraction erregt werden können, lediglich durch die Nerven gehen müsse. Vielmehr ist es ebenso möglich, dass dieses nur der gewöhnlichste sei, der in den meisten Fällen und unter normalen Umständen vorwaltend von der Natur eingeschlagen wird. Von grosser Wich-

1) Die von Dubois (Archiv 1860) angegebene Methode, ohne Eröffnung des Bauches von den Wirbeln aus die aorta zu umstechen, scheint nicht zweckmässig, weil man nicht mit Sicherheit bestimmen kann, ob die Operation exact ausgeführt ist.

2) E. H. und E. Weber in Müller's Archiv 1851, p. 547.

tigkeit bleibt es aber, zu erforschen, ob überhaupt die Muskeln sonst gar nicht erregbar sind, sowohl wegen der Entstehung von Krankheiten, als auch möglicher Weise zur Erklärung mancher noch dunkler Bewegungshergänge im gesunden Körper.

Irritabilität.

60. Mit dem Namen Irritabilität bezeichnet man die Fähigkeit der Muskelfaser, von gewissen auf sie einwirkenden Einflüssen zur Zusammenziehung veranlasst zu werden. Bei den zwei eben supponirten Fällen ist es in dem einen die in dem Muskel verbreitete, vorher erregte Nervenfaser, welche dessen Contraction hervorruft. In dem andern Falle hingegen gibt es noch andere Einwirkungen, welche ausser der erregten Nervenfaser dieselbe Folge, wie diese, nach sich ziehen. Gewöhnlich nimmt man die letzte Voraussetzung an, wenn man von Irritabilität im Allgemeinen spricht.

61. Die Entscheidung der Frage stützt sich wesentlich darauf, dass man im Stande ist, die Reizmittel auf den Muskel anzuwenden, ohne dass dieselben auch den Nerven affiziren. Es müssen sogar die Nerven bis auf ihre letzten Enden, welche in den Muskeln sich verbreiten, eliminirt sein. Die Schwierigkeit, diese Aufgabe zu erfüllen, liegt theils in dem innigen Anschlusse der Nerven an die Muskeln und der Feinheit ihrer Endigungen, theils darin, dass die Mittel, welche, auf Muskeln applicirt, dieselben zum Zucken bringen, auch bei ihrer Anwendung auf Nerven diese erregen und dadurch wieder indirect zu Muskelreizen werden. — Die Bemühungen zahlreicher Forscher, die Streitfrage zu lösen, gingen wesentlich dahin, entweder die Nerven momentan zu tödten, oder Mittel ausfindig zu machen, gegen welche Muskel oder Nerve für sich indifferent sich verhalten. — Beides ist zwar gelungen, aber nichtsdestoweniger ist ein Punkt unerledigt geblieben, welcher immer einen jetzt nicht zu beseitigenden Einwurf zulässt. Man hat nämlich gesagt, dass das Verhalten derjenigen Nerven, welche sich im Innersten des Muskels verbreiten und darin enden, möglicher Weise ganz anders sein könne, als das der Nervenstämme, und dass man daher nicht ohne Weiteres von diesen auf jene schliessen könne. Wenn also ein Nervenstamm wirkungslos gemacht ist oder sich gleichgültig gegen Reize verhält, so lässt sich dies nicht unmittelbar auch auf die letzten Nervenenden anwenden.

Um eine klare Einsicht in die Sache zu erhalten, geben wir zuerst den anatomischen Verlauf der Nerven innerhalb der Muskeln an, soweit er bis jetzt ermittelt ist, sodann gehen wir zu den physiologischen Thatsachen über.

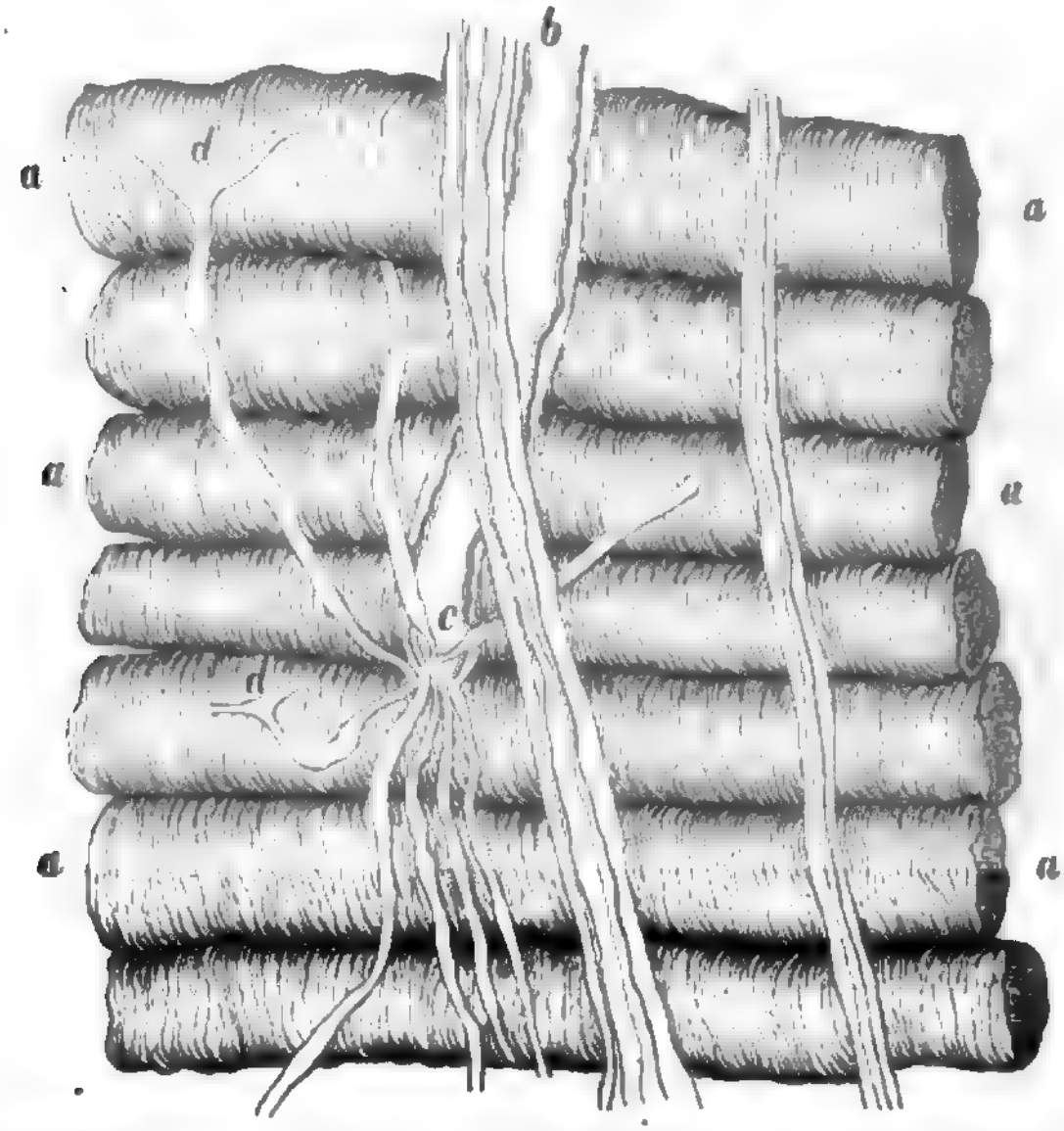
Verlauf der Nerven in den Muskeln.

62. Die Nerven treten in kleinen Muskeln gewöhnlich nur an einer, seltener an mehren, in grössern auch nur an vereinzelten Stellen ein und vertheilen sich so, dass es viele Stellen im Muskel gibt, welche sehr viel ärmer an Nerven, als andere sind. — Nachdem

Digitized by Google

sich die Nerven im Muskel zu verästeln angefangen haben, so machen sie schlingenförmige Bogen, welche man beispielsweise an den breiten Bauchmuskeln des Frosches sehr schön sehen kann. Man glaubte nach den Untersuchungen von Valentin[1]) und Emmert allgemein, dass sich diese Endschlingen wieder zum Stamm zurückbegeben und also gewissermassen ein Capillarnervennetz im Muskel vorhanden sei. Später wurde von J. Müller[2]) und Brücke, dann von Savi, Robin, und besonders von R. Wagner[3]) beobachtet, dass die Nerven

Figur 153.



Muskelfasern *a a a* aus dem m. hyoglossus des Frosches. *b*. Eine ziemlich starke Primitivfaser mit doppelten Contouren, welche sich bei *c* in 8 Aeste theilen, von denen einige *d d* sich gabelförmig spalten.
Copie nach R. Wagner (Handwörterbuch III a, Taf. IV, Fig. 53).

(in den Augenmuskeln des Hechtes, im elektrischen Organe des Zitterrochens, in den Zungenmuskeln vom Frosche) sich theilen und stumpf endigen. Diese zahlreichen Theilungen wurden namentlich von Ecker und Reichert an einem kleinen Brustmuskel des Frosches gefunden. Der Nerv dieses Muskels hat nach Reichert nur 7—10 Fasern und theilt sich so oft, dass er 290 - 340 Endigungen

1) Valentin in Acta leop., Vol. XVIII.
2) Müller und Brücke in Müller's Phys., I, 524.
3) R. Wagner in s. Handwörterbuche, III, 1, 382.

Digitized by Google

hat. Die getheilten Fasern sind keineswegs schmäler als diejenigen, von denen sie ausgehen (Fig. 153).

63. In Folge der genannten Beobachtungen hat man die frühere Annahme von den Endschlingen der Nerven in den Muskeln gänzlich verlassen und nimmt an, dass alle Nerven frei endigen. Es entspricht den physiologischen Anschauungen ohne Zweifel besser, dass das Nervenende überall die feinsten Muskeltheilchen gewissermassen mit seinem Querschnitte berührt, und man muss mit Volkmann [1]) gestehen, dass Vieles sich leichter ohne, als mit Endschlingen erklären lässt.

64. Nichtsdestoweniger darf man diese Sache doch noch nicht für so abgemacht erklären, dass nirgendwo Endschlingen existiren. Denn einmal sind bis jetzt noch nicht überall die freien Enden von den Endschlingen aus verfolgt und nachgewiesen. In der Iris habe ich [2]) mit Bestimmtheit die Nervenfasern nur schlingenförmig umbiegen und zu andern Stämmchen zurückgehen sehen. Selbst wenn auch freie Enden vorhanden wären, was mir zu beobachten nicht gelang, so lässt sich doch hier ein Zurückbiegen nicht in Abrede stellen.

65. In der neuesten Zeit sind Untersuchungen der feinsten Muskelnerven von Schaaffhausen, [3]) Kühne [4]) und Beale [5]) gemacht worden. — Schaaffhausen beschreibt als Endigung der Muskelnerven ein mittelst Färbung durch Karmin darstellbares, höchst feines, aus wiederholter Verästelung der Nervenprimitivfasern hervorgehendes, die Muskelbündel umspinnendes Netz. — Kühne machte seine Beobachtungen an Insecten- und Froschmuskeln, nach welchen die Nervenfaser mit Zurücklassung der Scheide das sarcolemma durchbricht und der innerste Cylinder der Nervenfaser in eine knospenartige Verdickung, Nervenendenknospe, ausgeht. — Nach Beale laufen die feinsten Nerven nahe den Gefässcapillaren, bald kreuzen sie sich mit den Muskelfasern, bald liegen sie schief, bald der Länge nach auf denselben. Manchmal sieht man dieselben auf der Muskelfaser sich theilen. — Sie verbreiten sich bloss auf dem sarcolemma. Beale behauptet, dass alle diese Nerven mit den Kernen der Muskeln in Verbindung stehen.

66. Die feinen Nerven in den Muskeln sind viel blasser, ihr Mark wird undeutlicher und sparsamer.

1) Volkmann in Wagner's Handwörterbuch, II, 563.

2) Budge, Bewegung der Iris, p. 37.

3) Schaaffhausen, Amtl. Ber. der Naturforscherversammlung 1859, p. 193. — Henle's Jahresber., p. 58.

4) Kühne im Monatsber. der Berl. Akad. 1859, p. 395, und: Über die peripherischen Endorgane der motor. Nerven. Leipz. 1862.

5) Beale in Philos. Transact., Vol. 150, II, 1860, p. 611.

Digitized by Google

67. Aus allen diesen Erfahrungen geht wenigstens soviel hervor, dass in den Endigungen die Nerven sich verändern, und es daher wohl möglich ist, dass auch deren Functionen andere sind.

Gründe für und gegen die Irritabilitätslehre.

68. Untersuchen wir nun die Gründe, welche für oder gegen die Annahme einer eigenthümlichen Muskelirritabilität sprechen, so lassen sich dieselben unter drei Gesichtspunkte bringen. Wir ziehen erstens die Analogie zu Rathe, untersuchen zweitens die Mittel, durch welche man den Nerveneinfluss aufzuheben und die isolirte Muskelwirkung zu studiren gesucht hat, drittens die Mittel, welche allein die Nerven und allein die Muskeln erregen sollen.

a) Aus der Analogie.

69. Von vorn herein hat es nichts Unwahrscheinliches, dass der Muskel auch direct zu Contractionen gereizt werden könne. Denn jede Muskelfaser ist als Zelle zu betrachten, sowohl die glatte, als quergestreifte (s. p. 406 und 446); und wenn es sicher ist, dass andere Zellen Bewegung sowohl spontan zeigen können, als auch dass unter Umständen diese Bewegung durch gewisse Substanzen sich vermehrt, wie Flimmer- und Samenfäden-Bewegung durch Zusatz von Kali (s. p. 523), so kann man auch erwarten, dass die Muskelfasern ohne Einfluss der Nerven mit der Fähigkeit begabt sind, nach Reizen, unter Umständen auch spontan, sich zu contrahiren.

Irritabilität bei Pflanzen.

Auch bei Pflanzen finden sich Erscheinungen, welche lebhaft an Muskelreizbarkeit erinnern. Kabsch [1]) beobachtete, dass die Staubgefässe und Pistille von Centaureen in Folge der Berührung um $^1/_7$, selbst $^1/_5$ ihrer Länge sich contrahiren, und nachher zu ihrer frühern Ausdehnung zurückkehren.

Hierhin gehört auch R. Wagner's [2]) Beobachtung, dass der embryonale Herzschlauch des Hühnchens sich rhythmisch zusammenzieht, obwohl noch keine Nerven nachzuweisen sind.

b) Durch Ertödtung der Nerven.

70. Wenn aus einem Nerven ein Stück herausgeschnitten wird, so dass das Zusammenheilen der Enden nicht zu Stande kommen kann, so bringt alsbald (oft schon nach wenigen Tagen bei Säugethieren) Reizung des mit dem Muskel zusammenhängenden Nervenendes keine Zuckung mehr hervor, während der Muskel, selbst gereizt, noch deutliche Reaction zeigt. Müller und Sticker [3]) sahen, dass 11 Wochen, nachdem sie ein Stück des n. ischiadicus von einem Hunde ausgeschnitten hatten, das Nervenende nicht mehr gegen einen leichten galvanischen Reiz reagirte, wohl aber der Muskel. Longet [4]) sah, dass schon am vierten Tage nach Durchschneidung des n. facialis

1) Vgl. F. Cohn in Verh. der schles. Gesellschaft 1860.
2) R. Wagner, Nachr. der Gött. Ges. der Wiss., Oct. 1850, April 1853.
3) Müller's Phys., II, 51.
4) Longet, An. et phys. de syst. nerv., Paris 1842, I, 59.

Digitized by Google

das peripherische Ende seine Reizbarkeit verloren hatte, dass aber die Gesichtsmuskeln selbst noch ein Vierteljahr später zuckten, wenn sie galvanisirt wurden. — Schiff beobachtete in zwei Versuchen 14 Monate nach einer Nervendurchschneidung noch Muskelirritabilität. — Es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass nach so langer Zeit nicht auch die Nervenenden zu Grunde gehen sollten; und um so weniger, als durch die Untersuchungen von Waller (s. p. 381) gezeigt worden ist, dass nach solchen Durchschneidungen die Nerven, soweit sie in den Muskeln mit dem Messer zu verfolgen sind, fettig entartet gefunden werden.

Hingegen werden offenbar die Zuckungen in dem Masse, als die Durchschneidung längere Zeit vorher stattgefunden hatte, schwächer und scheinen endlich ganz zu schwinden. Valentin [1]) konnte 10 Wochen nach der Operation an den Muskeln keine Zuckung mehr beobachten.

71. Man kann indess diese Reizlosigkeit auch dem Mangel an Bewegung zuschreiben, welcher den Muskeln zukommt, deren Nerven mit den Centraltheilen nicht mehr communiciren. Denn durch Bewegungsmangel wird auch die Blutmenge des Muskels vermindert und der Blutzufluss ist von entschiedener Einwirkung auf die Contractilität. — Reid [2]) durchschnitt die Beinnerven beider Seiten bei Fröschen und galvanisirte durch eine schwache Batterie das Bein einer Seite, während er das der andern Seite sich selbst überliess. Nach zwei Monaten waren die Muskeln der galvanisirten Seite noch fest, hatten ihr normales Aussehen und reagirten lebhaft auf Reiz. Das in Ruhe gelassene Bein war um die Hälfte dünner und welk, zeigte aber doch noch Contractilität. — Mattèucci [3]) sah bei analogen Versuchen die Irritabilität in dem täglich (2—3 Mal) gereizten Schenkel länger bestehen, als in dem ungereizten der andern Seite. — Brown-Sequard [4]) fand sogar, dass schon atrophisch gewordene Muskeln, welche er zwei Monate nach der Nervendurchschneidung längere Zeit galvanisirte, ihre Reizbarkeit und ihr Volumen wieder gewannen. — In den Versuchen von Emmert [5]) verlor sich jedoch in den täglich gereizten Gliedern die Muskelirritabilität dennoch und zwar früher, als in der nicht gereizten Seite. — Es lässt sich indess erwarten, dass durch eben solche Reizung nicht das erreicht wird, was bei der Willenserregung möglich ist und dass von der Art und der Dauer der

Wirkung der Bewegung auf die Muskelreizbarkeit.

1) Valentin, Lehrb. der Phys., II, a, 102.
2) J. Reid, Phys. anat. and path. ref., Edinb. 1848, p. 11.
3) Matteucci, Leçons sur les phén. phys., Paris 1847, p. 239.
4) Brown-Séquard in Gaz. méd. 1857, No. 42.
5) Emmert, Beitr. zur Path. und Ther., Bern 1846, Heft 2.

Digitized by Google

Reizung viel abhängt, woher die abweichende Beobachtung Emmert's von derjenigen der andern Forscher sich vielleicht erklären lässt.

Curare. 72. Die Versuche mit dem amerikanischen Pfeilgifte, Urari, Curare, welche zuerst von Bernard, dann zunächst von Kölliker angestellt und von verschiedenen andern Beobachtern wiederholt und erweitert worden sind, haben höchst auffallende Resultate geliefert. [1])

Wird Curare unter die Rückenhaut eines Frosches gebracht, so sinkt alsbald das Thier mit erschlafften, von sich gestreckten Gliedern zusammen, kein schmerzerregender Reiz der Haut bringt Zuckung hervor. Die Herzbewegung allein dauert fort, das Athmen wird viel langsamer, die Lymphherzen pulsiren nicht weiter. Reizung der motorischen Nerven erzeugt keine Zuckung mehr, Galvanisiren des n. vagus bringt das Herz nicht zum Stillstande. Werden die Muskeln indess direct erregt, so contrahiren sie sich wie vorher. Kölliker suchte nun zu beweisen, dass das Gift zunächst auf die im Muskel selbst verbreiteten Nervenenden und dann erst auf die Stämme wirke. Er durchschnitt den n. ischiadicus einer Seite. Würde das Gift vom Rückenmarke aus lähmen, so müsste bei einem solchen Frosche Reizung des vorher durchschnittenen Nerven Zuckungen veranlassen, während der unversehrte Nerv reactionslos sich zeigen würde. Der Versuch bestätigte dies keineswegs. Wurde hingegen durch Gefässunterbindung das Blut abgehalten, zu einem Gliede zu gelangen, so behielt der betreffende Nerv seine Reizbarkeit. Ebenso wird der hintere Körpertheil nicht gelähmt, wenn die a. abdominalis unterbunden und das Gift unter die Haut der vordern Körperhälfte gebracht worden war. Kneipt man bei einem solchen Frosche, dessen Vorderextremitäten ganz bewegungslos sind, die Haut desselben, so zeigen sich keinerlei Bewegungen in diesen, wohl aber in den hintern. Der Vordertheil fühlt also, kann aber dieses Gefühl nicht durch Bewegungen kundgeben, weil die Muskelnerven gelähmt sind.

Obgleich man auch diesen Thatsachen gegenüber behaupten kann, dass die letzten Nervenenden vom Gifte nicht getroffen werden,

---

1) Man vgl. Cl. Bernard in C. r. 1850, XXXI, 533, und Leçons sur les eff. des subst. toxiqu., Par. 1857, p. 288. — Kölliker in Verh. d. Würzb. Ges. 1856 u. 1858, in Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. IX, Virchow's Arch., Bd. X. — Pelikan in Würzb. Verh. 1858. p. 66, und in Virchow's Arch., XI, 401. — Kühne im Monatsber. der Berl. Akad. 1860, Jan. — v. Bezold ebend. 1859, Nov. — Haber im Arch. f. Anat. 1859, p. 98. — Funke in Verh. der sächs. Gesellsch. 1859, p. 257 fg. — Wundt in Verh. des Heidelb. naturh. Vereins 1860. — Martin Magron et Bouisson in Journ. de phys. de Brown-Séquard, III, 117. — Vella in C. r. 1860, LI, 353.

Digitized by Google

wie Funke und Kühne thun, so hat diese Annahme keine grosse Wahrscheinlichkeit. Wenn man sich auf der einen Seite berechtigt glaubte, gerade den letzten Nervenenden eine ganz besondere Empfänglichkeit für Reize zuzuschreiben, so scheint es nicht consequent, der Wirkung des Curare auf die Nervenstämme einen grössern Einfluss, als auf deren allerletzte Enden beizulegen.

Funke hat beobachtet, dass die Nerven mit Curare vergifteter Frösche keine geringere, sondern sogar eine stärkere elektromotorische Kraft (am Multiplicator) zu erkennen geben, als bei gesunden Fröschen. Dies beweist aber nichts Anderes, wie mir scheint, als dass dies Gift wohl auf die Nerventhätigkeit, nicht aber auf die im Nerven als Ernährungserscheinung vorhandenen elektrischen Ströme wirkt. Man kann aber nicht mit Funke daraus schliessen, dass in dem Vorhandensein der elektro-motorischen Kraft auch die Nervenkraft bestehe, weil es nicht erwiesen ist, dass beide nothwendig mit einander verbunden sind.

73. Zum Beweise für die Irritabilität der Muskeln dienen nach Kölliker und Haber noch folgende Versuche. Wird der Muskel eines vergifteten Frosches gereizt, so contrahirt sich nur die gereizte Stelle, während bei gesunden der Reiz sich ausbreitet. — Jedoch ist das Letztere nicht constant und der Versuch selbst kann noch anders gedeutet werden. Ebenso nimmt nach Rosenthal die Reizbarkeit eines vergifteten Muskels ab, was nach Kölliker kein Beweis gegen die Irritabilität ist, weil durch Verlust der Nervenreizbarkeit die Wirkung auf den Muskel nicht mehr so gross sein könne.

74. Endlich ist hier noch hervorzuheben, dass nach Bezold's[1]) Untersuchungen bei vergifteten Fröschen eine längere Zeit vergeht, bis durch eine Reizung der Nerven Zuckung entsteht, als bei gesunden.

Wirkung des constanten Stromes auf die Muskelreizbarkeit.

75. Einen Beweis gegen die Muskelirritabilität, welchen Eckhard[2]) anführt, sucht Kühne[3]) zu widerlegen. Eckhard fand nämlich, wenn er einen starken constanten Strom aufsteigend (d. h. so, dass der positive Pol näher dem Fusse, der negative näher dem Kopfe des Thieres angelegt war) durch den n. ischiadicus leitete, und während die Kette geschlossen blieb, einen schwächern auf den Muskel applicirte, dass keine Zuckung durch letztern entstand. Er nahm an, dass durch den aufsteigenden Strom, welcher den Nerven durchfliesst, dieser in einem Zustande von Lähmung sich befinde, so lange er durchflossen wäre, und zwar bis in seinen letzten Enden. Hätte nun der Muskel eigene Irritabilität, so wäre er gegen eine ihn

1) v. Bezold, Archiv f. Anat. u. Phys. 1860, p. 168 u. 387.
2) Eckhard, Beitr. zur Anat. u. Phys., I, 46.
3) Kühne in Sitzungsber. der Berl. Akad. 1859, Febr.

Digitized by Google

treffende Reizung nicht indifferent. Dieser Schluss ist aber deshalb nicht richtig, weil der durch den Muskel gehende Strom schwächer war, als der durch den Nerven gehende und dadurch möglicher Weise aus diesem Grunde ohne Wirkung bleiben konnte, besonders aber deshalb, weil chemische Reize den Muskel wohl noch zum Zucken bringen.

Aetherisation.

76. Nach starker Anwendung von Aether und Chloroform, welcher man bei Fröschen eine so grosse Ausdehnung geben kann, dass die Respiration vollständig aufhört, das Herz sehr langsam schlägt und kein Reiz, auf die Nervenstämme angewendet, mehr wirkt, sind doch die Muskeln noch reizbar, wenn sie selbst irritirt werden. — Wahrscheinlich spricht auch diese Erscheinung für das Vorhandensein einer eigenen Muskelirritabilität, da es nicht anzunehmen ist, dass die Wirkung sich gerade da in den Nerven abschliesst, wo diese an den Muskelfasern sich verbreiten. Wenn ferner das Schwinden des Gefühls in der Haut ein Beweis ist, dass die letzten Enden der Gefühlsnerven von den anaesthetica ergriffen werden, so lässt sich dasselbe auch von den letzten Enden der motorischen Nerven vermuthen.

Irritabilität des Herzmuskels.

77. Auf die Reaction des Herzmuskels gegen Reize, namentlich den elektrischen, lege ich einen besondern Werth. Aeltere Physiologen, namentlich Haller, suchten einen wesentlichen Beweis der Muskelirritabilität in der Bewegung des Herzens, weil dieses, auch ausgeschnitten aus dem Körper, sich selbstständig fortbewege. Da man zu damaliger Zeit so wenig Kenntniss von den Herznerven oder gar deren Ganglien hatte, so konnte auch der Antheil des Nervensystems an der Herzbewegung nicht zur Sprache kommen. In der neuern Zeit leitet man aber geradezu und allein von den Herznerven und ihren Ganglien die Bewegung ab. Nun ist es aber auffallend, dass wenn man Theile des Herzens galvanisirt, in welchen entweder gar keine Nerven bis jetzt nachgewiesen oder sicher nur in höchst spärlicher Zahl vorhanden sind, die Bewegung ungemein zunimmt, so dass sich zuweilen die Pulszahl verdoppelt und sogar verdreifacht. Wenn man hingegen mit demselben Reize einen Nervenast im Herzen behandelt, so sieht man entweder je nach der Stärke des Reizes Verminderung der Pulsationen oder höchstens nur eine geringe Vermehrung von wenigen Pulsschlägen. Es ist aber sehr unwahrscheinlich, dass die letzten Nervenenden, welche doch die Gegner der Muskelirritabilität auch hier statuiren müssen, eine diametral entgegengesetzte Wirkung haben sollen, als ihre Stämme, während man sonst ihnen eine grössere und länger dauernde Erregbarkeit zuschreibt. Wenn man bei einem Frosche den Zeitpunkt nach dem Tode abwartet, in welchem die stärkste Reizung des n. vagus das noch fortschlagende Herz nicht zum Stillstande bringt, dann sollte man

Digitized by Google

denken, würde am Herzmuskel selbst, in dessen Fasern die supponirten feinsten Endigungen der Nerven liegen, eine Reizung Stillstand hervorbringen. Dies bestätigt sich keineswegs. Im Vorhofe, in welchem die feinen Stämmchen der Nerven sich verbreiten, sieht man oft noch Stillstand entstehen, wenn man an die eine oder andere Stelle mit den Elektroden geht, während von dem Stamme ausserhalb des Herzens dies nicht mehr geschieht. Aber kommt man auf eine nervenlose Stelle, so sieht man im Gegentheile vermehrte Contractionen. Ebenso ist es im Ventrikel. Es kommt dann aber eine Zeit, in welcher man die Elektroden an alle Stellen setzen kann, wohin man will, ohne Stillstand erzeugen zu können. Die Pulsationen vermehren sich zu dieser Zeit aber noch.

Zuckungen durch Einspritzungen von Wasser.

78. Ein Versuch, welcher von E. Weber, Liebig und v. Wittich [1]) angestellt worden und von Letzterm besonders in Bezug auf die Muskelirritabilität studirt worden ist, verdient hier aufgeführt zu werden. Wenn man nämlich einem Frosche, dessen Nervenreizbarkeit aufgehört hat, dessen Muskeln aber noch gegen Reize sich contrahiren, destillirtes Wasser einspritzt, so zittern die Muskeln. Weder querdurchschnittene Nerven, noch Muskeln in destillirtes Wasser getaucht, veranlassen Zuckung. Salzhaltiges Wasser eignet sich indess nicht zum Versuche, weshalb v. Wittich die Wirksamkeit des Wassers auf endosmotische Vorgänge zurückführt. Kölliker [2]) hält die Erscheinung für einen physikalischen Akt. — Thiere, welche durch Vergiftung mit Strychnin, Coniin, Nicotin, Brucin in einen Zustand vollständiger Reizlosigkeit der Nerven gebracht waren, zeigten dieselben Erscheinungen nach Wasserinjection. — Auch bei diesen Versuchen bleibt der oft angeführte Einwand in Betreff der Nervenenden bestehen.

c) Muskel- und Nervenreize.

79. Kühne glaubte Reizmittel gefunden zu haben, welche bloss die Nerven, und andere, welche bloss die Muskeln afiziren. Seine wesentlichen Angaben sind folgende: Es gibt Mittel, welche nur bei starker Concentration auf die Nerven, bei sehr grosser Verdünnung aber auf die Muskeln wirken, dahin gehören die Mineralsäuren und Essigsäure; Ammoniak wirkt gar nicht auf Nerven (wie Humboldt behauptete), sondern bloss auf Muskeln, ebenso reizen essigsaures Bleioxyd, Kupfervitriol, Eisenchlorid, Milchsäure und Glycerin den Muskel nur im verdünnten, nicht im concentrirten Zustande, hingegen den Nerven nur im concentrirten, nicht im verdünnten Zustande.

---

1) v. Wittich, Exper. ad Halleri doctr. de irrit. proband. inst. Königsb. 1857 (Programm).

2) Ueber die v. Wittich'schen Vers. vgl. Kölliker in Würzb. Verh., Bd. VIII.

Digitized by Google

80. Diese Resultate sind von Wundt, Schelske und Funke jedoch nicht bestätigt gefunden worden. Ich habe gleichfalls mit einigen dieser Reizmittel Versuche angestellt. Im Allgemeinen ist es richtig, was übrigens schon lange bekannt ist, dass schwächere Reizmittel der Art den Muskel noch affiziren, wenn der Nerv stärkere derselben Art erfordert. So kommt es beispielsweise vor, dass bei sehr reizbaren Fröschen Salzsäure von 0,01% auf die Muskeln des Oberschenkels angewendet, Zuckung erzeugt, während andere Muskeln, z. B. der m. gastrocnemius, sowie auch der Nervenstamm keine Reaction zeigen. In manchen Fällen blieb aber die Wirkung einer Salzsäure von 1 zu 500 auf Muskel und Nerv aus, in andern wurden beide davon affizirt. Alle Versuche hatten, wie schon gesagt, den bestimmten Erfolg, dass grössere Verdünnungen eher auf den Muskel, als den Nerven wirkten. — Ebenso wie die Salzsäure verhalten sich die übrigen Mineralsäuren, die Essigsäure, die Salze der schweren Metalle. Von allen kann man sagen, dass sie auf den Muskel selbst angewendet einer geringeren Concentration bedürfen, als auf den Nervenstamm. Es liess sich also vermuthen, dass es die feinsten im Muskel verbreiteten Nervenenden seien, welche affizirbarer wären, als ihre dickern Stämme. — Wie ich fast in allen Beobachtungen den Angaben von Wundt und Schelske gegen Kühne beistimmen muss, so fand ich auch die heftigsten Zuckungen durch Alkohol, sowohl auf Nerv als auf Muskel angewendet, entstehen; Glycerin hingegen unwirksam gegen beide, concentrirte Milchsäure erregte sowohl vom Nerven als auch vom Muskel aus oft bis zum Tetanus gesteigerte Zuckungen.

81. Ich glaubte ein Mittel gefunden zu haben, gegen welches der Muskel ganz indifferent sich verhält, während es auf den Nerven getupft, anhaltend sehr starke Zuckungen hervorbringt, nämlich liquor stibii chlorati. Streicht man einen Muskel damit an, so wird er wie durch Höllenstein weiss, er schrumpft wohl auch zusammen, zuckt aber sehr häufig nicht; bringt man von demselben Präparat den Nerven mit einem Tropfen dieser Flüssigkeit in Verbindung, so entsteht alsbald ein heftiges Zittern des ganzen Beines und auch in den Muskeln, welche eben vorher betupft worden waren. — Diese Beobachtung ist für die Muskelirritabilität lehrreich. Denn man sieht daraus, dass die feinsten Nervenenden keineswegs immer so empfindlich sind gegen die Reize, als die grössern Stämme. Am deutlichsten ergibt sich dies, wenn man das auf dem m. gastrocnemius laufende Nervenstämmchen zuerst intact lässt und die nebenliegende Muskelpartie bestreicht. Dann bleibt Alles ruhig, sobald man aber jenes Stämmchen befeuchtet, entstehen die Zuckungen. — Bei fortgesetzter Beobachtung jedoch ergab sich dies nicht constant. Bei reizbaren

Thieren wirkt auch dies Mittel, wie alle übrigen, auf Nerven und auf Muskeln.

82. Nimmt man alle Beobachtungen, welche für und gegen eine eigenthümliche Muskelirritabilität sprechen, so lässt sich dieselbe zwar nicht als unbestritten erweisen, jedoch als höchst wahrscheinlich annehmen.

Muskelzittern an gelähmten Gliedern.

83. Hier mag auch noch eine Erscheinung erwähnt werden, welche in neuerer Zeit von Brown-Séquard und Schiff[1]) an Muskeln beobachtet wurde, deren Nerven durchschnitten waren. Man sieht dies am Auffallendsten nach der Durchschneidung des n. hypoglossus. Am dritten Tage schon bemerkt man auf der betreffenden Zungenhälfte einzelne an beschränkten Punkten plötzlich aufschiessende und sich mehrfach wiederholende Bewegungen, welche sich vermehren und am Ende der ersten Woche ihre volle Stärke erreichen, in der sie eine lange Zeit bleiben, so dass durch das Wallen und Wogen der Anblick entsteht, welchen unter schwacher Vergrösserung eine Flimmermembran macht. Schiff beobachtete sie in einem Falle noch nach 17 Monaten.

Solche Bewegungen erklärt Schiff von einer fortdauernden Thätigkeit in den Nervenenden, welche ihnen auch ohne Zusammenhang mit den Centraltheilen zukommt.

B. Muskelreize.

Muskelreize.

84. Viele Körper, welche mit einem Muskel während des Lebens oder kurz nach dem Tode in Berührung gebracht werden, bringen Zuckungen in demselben hervor. Indess ist es, wie aus dem vorigen Abschnitte hervorgeht, noch nicht gelungen, die Muskeln so von den Nerven isolirt anzugreifen, dass man wissen kann, ob die Reize nicht bloss auf die in den Muskeln verbreiteten Nerven sich beziehen. Es wird daher geeigneter sein, die Muskelreize in Verbindung mit den Nervenreizen in der Nervenphysiologie abzuhandeln.

C. Erscheinungen und Wirkungen der Muskelcontraction.

Muskelverkürzung.

85. Nicht jede Verkürzung eines Muskels ist lediglich dem lebendigen oder reizbaren Zustande eigen. Man muss vielmehr die Muskelverkürzung durch die Contraction von derjenigen durch die Verschrumpfung unterscheiden. Eine solche Verschrumpfung bemerkt man, wenn man Fleisch in kochendes Wasser oder in starke Säuren

1) Schiff, Phys., I, 176.

Digitized by Google

bringt, eine ähnliche Erscheinung bietet die im folgenden Abschnitte D zu behandelnde Todtenstarre dar. Hier soll nur von der lebendigen Contraction gehandelt werden.

Man beobachtet dieselbe theils an Muskeln, welche durch den Willen, theils an solchen, welche durch künstliche Reizmittel angeregt worden sind, und in letzterm Falle sowohl in der natürlichen Verbindung mit Knochen, als auch getrennt von denselben.

Muskelcontraction.

86. Bei kräftigen, willkührlichen Muskelbewegungen sieht man die sich zusammenziehenden Muskeln durch die Haut hindurch. Sie schwellen an und drängen sich hervor. — Besonders bei gymnastischen Uebungen beobachtet man dies sehr gut. So z. B. tritt der m. serratus magnus so hervor, dass man alle seine Zacken deutlich zählen kann. — Ein solcher Muskel fühlt sich zugleich hart an. — Diese Härte glaubt E. Weber von der Spannung herleiten zu müssen, in welche die Muskeln gebracht werden, wenn ihre Verkürzung wie gewöhnlich durch die ihnen antagonistisch entgegenwirkenden Muskeln Widerstand erfährt. Bei einem Muskel, dessen Sehne durchschnitten ist, nimmt man keine Härte wahr.

Convulsionen. Tetanus.

87. Wird der Muskel künstlich durch Reizmittel in Bewegung gesetzt, so entstehen mehr oder weniger rasch vorübergehende Contractionen, welche man Convulsionen nennt, oder es entsteht eine anhaltende, starre Zusammenziehung, Starrkrampf, Tetanus. — Der Unterschied zwischen beiden ist dadurch begründet, dass bei den Convulsionen nach jeder Zusammenziehung eine Erschlaffung eintritt. — Wenn man einen Muskel mit Anwendung eines schwachen elektrischen Apparates, z. B. einem kleinen Daniell'schen Elemente reizt, so entsteht eine einfache Zuckung. Wird nun so schnell die Reizung wiederholt, dass ehe die erste Zuckung noch vorüber ist, schon die zweite u. s. w. folgt, so entsteht nach der Zusammenziehung keine Erschlaffung mehr und die ganze Reihe von Contractionen folgt sich dicht hintereinander oder besser gesagt, die Relaxationen sind verschwindend kurz. Es ist Starrkrampf vorhanden.

Veränderung des Muskels durch die Contraction.

88. Um das Verhalten des Muskels während der Contraction zu beobachten, bedarf man der mikroskopischen Untersuchung. Man nehme (nach E. Weber) ein Stück Spiegel, dessen Folie durch Wegnahme eines $1^1/_2$—$2'''$ breiten Streifens in zwei Theile getheilt ist, von denen jeder mit einem der Leitungsdrähte eines galvanischen Apparats verbunden wird. — Der Muskel liegt mit seinem Mitteltheile auf der unverquickten Stelle, mit seinen Enden auf dem Spiegelbeleg. Sobald die Kette geschlossen wird, verkürzt sich der Muskel und erschlafft wieder bei der Oeffnung. Waren die Fasern des auf der Glasplatte liegenden Muskels, ehe das Galvanisiren begann, gerade, so bleiben sie es auch bei der eintretenden Verkürzung; waren sie mässig

Digitized by Google

geschlängelt, so werden sie im Augenblicke der Verkürzung ganz gerade und bleiben es, so lange die Kette geschlossen bleibt. Im Augenblicke aber, wo man die Kette öffnet, beugen sie sich auf eine ganz regelmässige Weise im Zickzack. Dies ist der Hergang nach der richtigen Beobachtung von E. Weber,[1]) wie ihn auch schon früher Owen[2]) und Allen Thomson[3]) bemerkt hatten. Da die Zickzackfalten leichter gesehen werden, als die gerade Streckung, so betrachteten ihre Entdecker, Prevost und Dumas,[4]) welche ihre Beobachtungen an abgeschnittenen Muskeln machten, jene als das Resultat der stärksten Contraction. Ein abgeschnittener, noch reizbarer Muskel (besonders schön der m. sartorius des Frosches) zeigt häufiger Falten, als wenn er noch zwischen Knochen befestigt ist. Auch bemerkt man unter solchen Verhältnissen wellenartig fortschreitende Bewegungen (Ficinus). Schneidet man einen Muskel während des Lebens oder kurz nach dem Tode bei einem Thiere durch, so treten die beiden Enden oft 10 Linien aus einander. Die getrennten Fasern legen sich in oft sehr regelmässigen Zickzacken zusammen. Bowman,[5]) welcher spontan entstandene Muskelzusammenziehungen mikroskopisch prüfte, nahm wahr, dass die Querstreifen dabei sich einander nähern.

Volumen des contrahirten Muskels.

Während der Verkürzung des Muskels nimmt er wahrscheinlich ebenso viel an Dicke zu, als er an Länge verliert. Um Beobachtungen hierüber zu machen, gebraucht man einen Glascylinder mit einem wohl passenden Korkstopfen, durch den eine möglichst enge, graduirte Glasröhre und zwei Kupferdrähte hindurchgehen müssen. Man fülle den Cylinder mit (ausgekochtem) Wasser oder Milch und hänge an die Kupferdrähte einen oder beide (unter Wasser) enthäuteten Froschschenkel (oder Stücke eines Aals), verstopfe den Cylinder, verkitte ihn luftdicht und bringe die Drähte mit einem galvanischen Apparate in Verbindung. Dadurch contrahiren sich die Muskeln (freilich bedeutend weniger, wie ausserhalb des Wassers). Verdichtet sich der Muskel bei der Contraction, so muss das Wasser in der Röhre fallen. Keine Veränderung sahen: Borelli, Prevost und Dumas, Valentin, — ein geringes Sinken: Erman, Marchand, E. Weber.

Verkürzungsgrösse des contrahirten Muskels.

89. Im Anfange der Reizung verkürzt sich der Muskel am Stärksten. Nachdem diese Verkürzung schon nach einigen Secunden (bei Froschmuskeln) ihr Maximum erreicht hat, beginnt der Muskel sich

1) E. Weber in Wagner's Handwörterbuch, III, 2, p. 62.
2) Owen in Hunter's Works. Palmer's. Ed. IV, p. 261.
3) Allen Thomson bei Bowman in Phil. Transact. 1840, p. 487.
4) Prevost u. Dumas in Magendie Journ. de phys. 1823, III, 301.
5) Bowman in Phil. Transact. 1840, I, 457.

Digitized by Google

wieder vermöge seiner Elasticität zu verlängern, bis er seine normale Länge erreicht hat. Der Übergang von der grössten Verkürzung bis zur normalen Länge bei fortdauernder Reizung erfolgt aber so, dass die Verlängerung in dem ersten Zeitraume nach der stärksten Verkürzung am Grössten ist und in jedem der folgenden gleich grossen Zeiträume immer kleiner wird (E. Weber).

Die grösste Verkürzung eines Muskels während der Contraction kann nach Prevost und Dumas $^1/_4$ der Länge des Muskels, nach E. Weber hingegen bis zu $^3/_4$ derselben ausmachen und selbst mehr.

Nachdem in einem Muskel in Folge längerer Reizung die Contractionsfähigkeit abgenommen hat, so kann er sich wieder von selbst erholen. Diese Eigenschaft kommt sogar den von dem übrigen Körper getrennten Muskeln zu (Valentin, E. Weber). Ich habe sie auch an der iris am ausgeschnittenen Froschauge beobachtet. — Die Grösse der Contraction wächst nämlich wieder von Neuem, nachdem sie abgenommen hatte.

Contractionsdauer.

90. Wenn ein Muskel sich contrahirt hat, so dauert es eine gewisse Zeit, ehe er wieder erschlafft. Aber diese Zeit ist sehr verschieden. Bei den Muskeln, welche quergestreift sind, ist dieselbe in der Regel so ausserordentlich kurz, dass dem Augenscheine nach momentan mit dem Aufhören der Reizung die Erschlaffung sichtbar ist. Besonders auffallend ist dies, wenn man durch Galvanisiren des n. ischiadicus mittelst des Inductionsapparates den Froschschenkel in den stärksten tetanus versetzt hat. Im Augenblicke, in dem der Strom unterbrochen wird, liegt der eben noch ganz erstarrte und gestreckte Schenkel in der grössten Erschlaffung da. — Aber nicht immer ist dies bei quergestreiften Muskeln der Fall. So habe ich z. B. am frisch nach dem Tode ausgeschnittenen Kehlkopfe von Ochsen beobachtet, dass durch Reizung des m. cricothyreoideus, durch welche der Schildknorpel an den Ringknorpel angezogen wird, nach dem Aufhören der Schildknorpel nur langsam wieder an seinen Ort zurückkehrte, namentlich wenn schon eine Zeit lang die Reizung angedauert hatte. — Am auffallendsten ist aber die Erscheinung bei den meisten Muskeln, deren Fasern glatt sind, so z. B. am Darme, an der Blase u. s. w. Hier dauert es lange, bis eine durch mechanische oder galvanische Reizung entstandene Einschnürung wieder vergeht. — Aber auch nicht bei allen Muskeln der Art ist dies der Fall, ja nicht einmal bei demselben Muskel unter verschiedenen Umständen. Man kann z. B. den sphincter pupillae, durch welchen die Pupille zur Verengerung gebracht werden kann, sowohl dadurch zur Contraction veranlassen, dass man den n. oculomotorius, als dass man den n. trigeminus bei Kaninchen reizt. Im erstern Falle erweitert sich fast augenblicklich, nachdem man zu reizen aufgehört

Digitized by Google

hat, die Pupille wieder, im zweiten Falle dauert es zuweilen 20 Minuten.

Eintritt der Contraction nach der Reizung.

91. Hieran schliesst sich eine andere Reihe von Beobachtungen. Man sieht nämlich in der Regel, dass fast momentan der Reizung quergestreifter Muskeln die Bewegung auf dem Fusse folgt; dass hingegen bei den glatten Muskelfasern eine wahrnehmbare Zeit vergeht. So kann man z. B. die Elektroden schon von dem Darme wieder weggenommen haben, ehe die Zusammenschnürung beginnt. Aber dies ist nicht überall der Fall. Es kommt hier gerade dasselbe Verhalten am sphincter und dilatator pupillae vor, was eben hinsichtlich der Beendigung der Contraction bemerkt worden ist. Der sphincter zieht sich viel rascher, als der dilatator zusammen. — Bei quergestreiften Muskelfasern sieht man wieder, dass, wenn man einen sehr schwachen Reiz anwendet, zum ersten Male der Erfolg ausbleibt, und dann erst sich zeigt, wenn die Reizung wiederholt wird.

92. Alle diese Beobachtungen leiten zur Annahme, dass durch die Reizung, in Folge welcher Muskelbewegung sich einstellt, eine Molecularveränderung in den kleinsten Theilchen entsteht, welche sich allmählich von Stelle zu Stelle weiter verbreitet und endlich aufhört. Unsere Beobachtungen lehren aber auch, dass es nicht allein die Muskeln sind, welche hier in Betracht kommen, sondern den Nerven ein grosser Antheil zugeschrieben werden muss.

Animalische und organische Muskeln.

93. Demnach ist die Unterscheidung der Muskeln in animalische und organische, welche Weber macht, nicht festzuhalten. Zu jenen rechnet er alle quergestreiften mit Ausnahme des Herzens und charakterisirt sie, wie folgt: Sie gerathen in demselben Moment in Thätigkeit, in welchem die in ihnen verbreiteten Nerven erregt werden, erreichen in äusserst kurzer Zeit das Maximum der Verkürzungsgrösse, welche der jedesmaligen Stärke des Reizes und der Leistungsfähigkeit des Muskels zukommt und gehen ebenso rasch in den erschlafften Zustand über in demselben Moment, in welchem der Reiz zu wirken aufhört. Von den glatten Muskelfasern sagt E. Weber, dass bei denselben die Contractionen erst eine merkliche Zeit nach dem Beginn der Reizung wahrnehmbar werden, allmählich sich steigern, nach dem Aufhören des Reizes fortdauern und allmählich wieder in Erschlaffung übergehen.

94. Es ist diese Charakteristik nur im Allgemeinen richtig. Sie wird erst dadurch vervollständigt, dass man die quergestreifte Faser wie eine höher entwickelte Stufe betrachtet, deren Wirkungen rascher und lebhafter von Statten gehen, als die der glatten Fasern, und zweitens dass an den in jeder der beiden Faserarten hervorgebrachten Bewegungen die Nerven einen wesentlichen Antheil haben. — Es gibt mancherlei Uebergänge zwischen glatten und quergestreiften Muskel-

Digitized by Google

fasern auch in ihrem anatomischen Verhalten. — Die quergestreifte Muskelfaser hat in ihrem ersten Entstehen eine grosse Aehnlichkeit mit der glatten, ist eine spindelförmige kernhaltige Zelle. — In der neuern Zeit hat man in der glatten Muskelfaser Andeutungen von Querstreifen bereits erkannt, sowie andere Uebergänge wahrgenommen. [1])

Verbreitung der Contraction auf Nachbartheile.

95. Man glaubt mit Unrecht, dass nach Reizungen von Organen, welche mit glatten Muskelfasern versehen sind, die entstehende Bewegung sich leichter auf die Nachbarfasern verbreite, als dies bei den quergestreiften Muskeln der Fall ist. Ich habe schon vor langer Zeit (1845, s. allg. Path., p. 248) Folgendes hierüber angegeben: „Wird bei einem kräftigen Thiere ein Theil des Magens oder Darms energisch gereizt, so zieht sich die gereizte Stelle in einen Ring zusammen, die nächsten Nachbarstellen erheben sich zu zwei Wülsten. Die Bewegung pflanzt sich im Ganzen genommen selten weiter fort.“ Weber hat ebenso gefunden, dass wenn man mit den genäherten Enden der Drahtenden des Rotationsapparates über den Magen streiche, die getroffene Linie sich deutlich ausprägе, und Ludwig sah gleichfalls die Einschnürung dem Gange der mechanischen Reizung folgend und nicht über ihre Grenzen hinausgehend. — Wenn nun aber doch die peristaltische Bewegung sich fortpflanzt über grosse Strecken, so rührt dies in der Regel davon her, dass eben die Verengerung des Kanals an einer nächstfolgenden Stelle Erweiterung nothwendig nach sich zieht und es von der jeweiligen Reizbarkeit abhängt, ob sich eine peristaltische Bewegung mehr oder weniger weit verbreitet. Nach dem Tode ist die Ausbreitung grösser, als im Leben.

Idiomusculare Bewegung.

96. Eine gewisse Ähnlichkeit mit der peristaltischen Bewegung zeigt diejenige, welche an quergestreiften Muskeln zuerst von Schiff beobachtet worden ist, die idiomusculare Bewegung. Wenn man nämlich nach dem Tode eines warmblütigen Thieres über einen quergestreiften Muskel mit einem Messerrücken herstreicht, so erhebt sich genau dem Striche entsprechend ein Wulst. Er entsteht langsam, sogar manchmal, nachdem das Instrument schon entfernt ist, und wächst noch an, — gerade so, wie man es gewöhnlich findet, wenn man den Magen oder Darm reizt. Freilich entsteht im letztern Falle nicht immer ein Wulst, sondern sehr häufig eine Vertiefung, was aber davon herrührt, dass die durch die Contraction verkürzte, aber auch verdickte Portion dahin ausweicht, wo sie am wenigsten Widerstand findet. Bei Kanälen kann dies nach Innen und nach Aussen sein, hingegen bei compacten Muskeln hauptsächlich nach Aussen.

---

1) Vgl. Meissner in Zeitschr. f. rat. Med. 1858. II, 316. Margo in Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1859, 1860. Leydig, Histologie, p. 417.

Digitized by Google

97. Nach Schiff entstehen idiomusculare Bewegungen niemals durch galvanische Reizung, was jedoch Kühne unter Anwendung sehr starker Ströme nicht bestätigt fand. Hingegen kann sie nach Schiff sowohl durch chemische und mechanische Mittel erzeugt werden, als auch dann, wenn man den Nerven momentan lähmt. Dies kann, wie in der Nervenphysiologie noch weiter erörtert wird, z. B. dadurch bewirkt werden, dass man einen starken constanten aufsteigenden Strom durch den Nerven hindurch leitet.

98. Auch am lebenden Muskel kann man nach Schiff, Weber und Funke die idiomusculare Contraction beobachten, nur dass der Wulst keine scharf umschriebene, sondern eine diffuse, zickzackförmige Gestalt hat.

Elasticität des contrahirten Muskels.

99. E. Weber hat nachgewiesen, dass wenn man einen Muskel durch angehängte Gewichte ausdehnt und in diesem ausgedehnten Zustande durch Galvanisiren zur Contraction bringt, derselbe verhältnissmässig mehr ausgedehnt wird, als wenn er nicht gereizt wurde. — So z. B. wurde der m. hyoglossus, welcher bereits mit 7,5 Grm. belastet war, durch 1 Grm. Mehrgewicht um 0,00695 seiner Länge verlängert, wenn er nicht gereizt wurde; hingegen um 0,0127, wenn er gereizt wurde, also fast um das Doppelte (Weber, p. 114). — Da nun die Ausdehnbarkeit umgekehrt proportional der Elasticität ist, da nämlich die elastische Kraft der Ausdehnung entgegen zu wirken strebt, so kann man nach E. Weber auch sich so ausdrücken, dass während der Thätigkeit des Muskels seine Elasticität abnimmt.

100. Dieser Satz hat jedoch nach Wundt nur seine Geltung, wenn die Contraction wirklich zu Stande kommt. Wird hingegen durch Ueberlastung, indem man eine grössere Menge von Gewichten anhängt, der Muskel an seiner Verkürzung gehindert, so bleibt die Ausdehnbarkeit ungefähr dieselbe, wie im unthätigen Zustande.

101. Die Versuchsresultate von E. Weber wurden in neuerer Zeit von Volkmann,[1]) welcher eine grosse Anzahl neuer Versuche über den Gegenstand anstellte, in Zweifel gezogen. Nach den letztern Versuchen ist die Dehnbarkeit beträchtlich geringer, als nach den Versuchen von Weber, welcher seinerseits die Richtigkeit der Versuchsmethode angreift.

102. Man kann sich die Weber'schen Resultate theoretisch etwa in folgender Weise erklären. Die Elasticität strebt den Muskel in der Länge zu erhalten, welche ihm zukommt, wenn keinerlei Reiz auf ihn wirkt. Wird dieselbe verringert, so strebt die elastische Kraft den Muskel zu verlängern. — Wird der Muskel durch angehängte Gewichte

---

1) Volkmann im Arch. f. Anat. u. Phys. 1857, p. 27; 1858, p. 215; 1860, p. 145 u. 705. Weber ibid. 1858, p. 506; 1861, p. 248 u. 530.

Digitized by Google

verlängert, so strebt die elastische Kraft, ihn zu verkürzen. — Wirken nun auf denselben Muskel zu derselben Zeit zwei Kräfte, von denen die eine ihn verkürzt, die andere ihn verlängert, so muss ein Theil der elastischen Kraft dazu verwendet werden, der verkürzenden Ursache entgegenzutreten, und es kann daher nicht die ganze sonst disponible Elasticität die Verlängerung vermindern. Deshalb kann ein contrahirter Muskel mehr ausgedehnt werden, als ein nicht contrahirter. Wird aber ein Muskel gereizt und an seiner Verkürzung gehindert, so kann die Elasticität in grösserm Masse auf die durch die Belastung entstandene Verlängerung verwendet werden.

103. Wird ein belasteter Muskel längere Zeit hindurch durch Reizung verkürzt, so nimmt seine Ausdehnbarkeit endlich nicht mehr zu, sondern ab. Diese Grenze tritt eher ein, wenn die Belastung stärker ist, als im umgekehrten Falle. So war in einem Versuche von Weber (p. 115) das Maximum der Ausdehnbarkeit eingetreten:

bei 7,5 Grm. Belastung in der Zeit des 43. Versuches
„ 12,5 „ „ „ „ „ „ 23. „
„ 17,5 „ „ „ „ „ „ 13. „
„ 27,5 „ „ „ „ „ „ 8. „

Wurde derselbe Muskel (in einem Versuche von E. Weber) mit 25 Grm. belastet und acht Mal hinter einander gereizt, so ergab sich, dass seine Verlängerung bei der zweiten Reizung nur 6,65 Millim. betrug,

bei der dritten Reizung nur 6,05,
„ „ vierten „ „ 2,95,
„ „ fünften „ „ 1,6,
„ „ sechsten „ „ 1,1,
„ „ siebenten „ „ 1,2,
„ „ achten „ „ 0,55.

104. Bei fortgesetzter Reizung nimmt aber auch die dadurch hervorgebrachte Verkürzung stetig ab, weil der Muskel, wie man zu sagen pflegt, ermüdet. Wie aber die Verkürzung abnimmt, wird auch die elastische Kraft, welche dazu bestimmt ist, der verkürzenden, d. h. der Contractilität entgegenzuwirken, geringer und es kann mehr elastische Kraft darauf verwendet werden, die durch Belastung hervorgebrachte Verlängerung zu vermindern. — Weber erklärt das Wiederabnehmen der Ausdehnbarkeit und das Zunehmen der Elasticität als die Wirkung des allmählich eintretenden Muskeltodes, weil nach dem Tode die Ausdehnbarkeit ausserordentlich viel geringer ist. Jedoch ist dabei zu beachten, dass nach dem Tode die Muskeln durch einen eigenthümlichen chemischen Prozess ihrer Substanz fest werden, was nach langer Reizung keineswegs der Fall ist. Es tritt also nach dem Tode noch ein neuer Factor ein. Aber dennoch

Digitized by Google

muss man darin mit Weber übereinstimmen, dass durch das fortwährende Belasten und Dehnen des Muskels sowie vielleicht durch die wiederholten Reizungen seine Elasticität im Ganzen abnimmt. Bei einem Versuche, in welchem ein Muskel 53 Mal hinter einander mit verschiedenen Gewichten gereizt und jedesmal vor und während der Reizung gemessen wurde, ergab sich bei einer Belastung von 5 Grm.

	die Länge	während der Reizung
	mm	mm
vor der 3. Reizung	41,6	14,5,
„ „ 13. „	42,8	19,0,
„ „ 14. „	43,1	22,2,
„ „ 33. „	43,7	24,0,
„ „ 43. „	43,9	26,0,
„ „ 53. „	44,1	27,5.

Auch Heidenhain [1]) beobachtete, wenn er Froschmuskeln 30 Secunden lang mit 50 Grm. belastete, dann wieder sie sich verkürzen liess, von Neuem belastete u. s. w., dass die Verlängerungen beständig bis zu einer gewissen Grenze zunehmen, die Differenzen zwischen zwei auf einander folgenden Verlängerungen abnehmen und zuletzt verschwinden.

Beispiele von Muskelkraft.

105. Sehr bedeutend ist die Kraft, welche Muskeln während des Lebens oder kurz nach dem Tode auszuüben im Stande sind. Mit beiden Händen trägt ein zehnjähriger Mensch mehr, als sein Körper schwer ist (Quetelet) und zieht noch eine beträchtlich grössere Last. Eine einzelne Muskelpartie, z. B. der Wadenmuskel, kann bei grosser Anstrengung ein Gewicht heben, welches 2000 Mal grösser, als sein eigenes ist (Valentin). — Sobald hingegen die Reizbarkeit des Muskels erloschen ist, zerreisst er viel eher, schon bei einer Last, welche das Gewicht desselben 200 Mal übertrifft.

106. Die Kraft, welche die Muskeln ausüben können, scheint grösser bei Menschen, als bei vielen Thieren zu sein. Ein Pferd überwindet eine drei Mal so grosse Last, als es wiegt; ein Mensch hingegen eine fünf bis sechs Mal so grosse Last (Haller). Man weiss von Menschen, welche mit den Zähnen (also vermittelst der Kaumuskeln) 160 und sogar 300 Pfund aufhoben, Pfirsichsteine zerbrachen, welche einer Gewalt von 200—300 Pfund widerstanden (Borelli, Haller). Ein Mädchen im tetanus, welches so gekrümmt war, dass der Rücken 1 Zoll vom Bette abstand, konnte nicht gestreckt wer-

1) Heidenhain, Physiol. Studien, p. 52; vgl. auch Valentin, Lehrb. der Phys., II, 1, p. 257.

Digitized by Google

den, als vier Männer sich auf dasselbe legten (Haller). — Hingegen tragen Insecten, z. B. Flöhe, sogar eine Last, welche 70—80 Mal ihr Körpergewicht übersteigt (Haller).

Schnelligkeit der Muskelbewegung.

107. Die Bewegungen der Muskeln können mit einer bewundernswerthen Schnelligkeit hinter einander ausgeführt werden. Wenn das Herz im Hühnchen 150 Mal in der Minute schlägt, so kommt ein Schlag auf $^2/_5$ Secunden; rechnet man die Pause zwischen jedem Schlage auf die Hälfte Zeit, so nimmt die Contraction selbst nur $^1/_5$ Secunde weg, und da diese selbst aus drei Bewegungsabschnitten besteht, so nimmt eine Bewegung nur $^1/_{15}$ Secunde = 4 Tertien ein (Haller). — In zwei Secunden kann man 45 Buchstaben aussprechen, es kommen mithin auf jeden Buchstaben $2^2/_3$ Tertien, und wenn man gleichviel Zeit auf Contraction und Erschlaffung rechnet, nur $1^1/_3$ Tertie.

Zusammensetzung der Knochen.

108. Der Widerstand, den die Knochen zu leisten vermögen, beruht hauptsächlich auf den erdigen Theilen, welche sie zusammensetzen. Diese sind neutraler phosphorsaurer 3 Ca OPh O 5 (ungefähr 57%) und kohlensaurer Kalk (ungefähr 8%), Fluorcalcium (ungefähr 1%), phosphorsaure Magnesia (1—2%). Sie betragen nach Berzelius 67,14%. Ausser diesen erdigen Bestandtheilen, welche aus dem Knochen durch verdünnte Salzsäure allmählig ausgezogen werden können, enthält der Knochen noch den sogenannten Knochenknorpel, welcher durch langes Kochen in Knochenknorpelleim (Glutin) verwandelt wird, ferner Fett und Gefässe. — Nach Frerichs enthalten die Wirbel 60,5%, die Kniescheibe 63,7%, das Brustbein 64,7%, die Rippen 65,3%, die Metatarsalknochen 65,9%, die tibia 66,2%, der radius 66,3%, die fibula 66,5%, der Unterkiefer 68%, der humerus 68,3%, das Felsenbein 70,2% erdige Bestandtheile.

Die Lösung des Glutins in warmem Wasser unterscheidet sich von der Lösung des aus den bleibenden Knorpeln und den Knorpeln vor der Ossification erhaltenen sogenannten Knorpelleims (Chondrin) dadurch, dass das Glutin durch Chlor, Quecksilberchlorid, Platinchlorid, Gerbsäure und Alkohol, — das Chondrin hingegen ausserdem auch noch durch Salzsäure, Essigsäure, Bleizucker, Alaun, schwefelsaures Eisenoxyd gefällt wird. Der durch Essigsäure erzeugte Niederschlag des Chondrins wird durch geringe Menge neutraler Alkalisalze wieder gelöst (J. Müller). [1])

1) J. Müller in Poggend. Ann., Bd. XXXVIII. — Neuerdings wurde von Friedleben behauptet, dass der Unterschied zwischen Glutin und Chondrin nicht festzuhalten sei. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1859, X, 20. — Vgl. dagegen Trommer in Virch. Arch. 1860, XIX, 554. — M. Schultze ebend., XX, 370. — Milne-Edwards in Ann. des sc. 1860, XIII, 118. — Wilkens, Zeitschr. f. wiss. Zool., X, 467.

Digitized by Google

D. Erscheinungen in der Muskelbewegung nach dem Tode.

Muskelbewegung nach dem Tode.

109. Nach dem Tode eines Thieres bewegen sich viele Muskeln noch von selbst weiter, ohne dass ein besonderer Reiz auf sie angewendet worden ist. Am deutlichsten springt dies in die Augen an dem Herzen. Bei Fröschen schlägt nicht selten, nachdem Gefühl, Empfindung und jeder Willenseinfluss aufgehoben sind, noch einen ganzen Tag und selbst längere Zeit das Herz fort; auch bei Säugethieren zuweilen noch eine Stunde, selten länger. — Das ausgeschnittene Herz von Fröschen pulsirt sogar noch viele Stunden, das von Säugethieren noch mehre Minuten. Unter dem Mikroskope hat man selbst noch Stückchen von Kaninchenherzen 48 Stunden sich bewegen gesehen (Remak). — Ausser am Herzen sieht man nach dem Tode Bewegungen des Darms oft mehre Stunden lang fortdauern. Gleich nach dem Eröffnen der Bauchhöhle sind die Bewegungen minder stark, als etwas später, welche Erscheinung man mit Unrecht dem Zutritte der Luft zuschreibt. Ein getrenntes Darmstück stellt aber viel eher seine spontanen Bewegungen ein, als ein noch in der Bauchhöhle liegen gebliebenes. Am Zwerchfelle bemerkt man zuweilen noch einige Stunden und an allen Muskeln kurze Zeit nach dem Tode spontanes Zucken. Unter dem Mikroskope sah Remak Stückchen Zwerchfell noch 24 Stunden nach dem Tode wellenförmige Bewegungen machen. — Bei niederen Thieren (der Stubenfliege [Valentin], Branchipus [Budge], Phalangium opilio) machen in abgerissenen Füssen die Muskeln zuweilen noch lange Zeit spontane, oft sehr regelmässige Bewegungen.

110. Neben den spontanen Bewegungen nach dem Tode müssen wir auch die bemerken, welche nach angewandtem Reize entstehen. Bei Säugethieren sind diese bis $1^1/_2$ Stunden nach dem Tode (Phöbus und Wilgenroth) zu beobachten, und zwar dauert die Reizbarkeit nach den eben genannten Forschern in folgender (approximativer) Zeitdauer fort: linke Herzkammer 16 Minuten nach dem Tode, Dickdarm 25, Muskeln des Kopftheils und Halses 26, linker Vorhof des Herzens 30, Dünndarm 30—40, rechte Herzkammer 40, Speiseröhre 44, Kaumuskeln 46, Zwerchfell 51, Gesichtsmuskeln 53, Rumpfmuskeln 60—70, Muskeln der Hinterbeine 70, Muskeln der Vorderfüsse 80—90, rechte Vorkammer 85—90.

Es ergibt sich aus dem Vorhergehenden, dass keineswegs die der Willkür entzogenen, noch auch die cylindrischen Muskeln länger nach dem Tode durch Reizung in Bewegung gesetzt werden können, als die der Willkür unterworfenen oder quergestreiften. Ja meinen Beobachtungen zufolge kann ich nur bestätigen, was Fontana schon

Digitized by Google

gesehen hat, dass man fast niemals durch Reizung einen Herztheil noch zur Bewegung bringen kann, wenn die Reizbarkeit aller übrigen Muskeln erloschen ist.

Todtenstarre.

111. Die auffallendste Veränderung, welche die Muskeln nach dem Tode erfahren, ist aber ihr Hartwerden, die sogen. Todtenstarre, eine Veränderung, welche man auch durch Eintauchen der Muskeln in warmes Wasser hervorbringen kann, Wärmestarre.

Erscheinungen derselben.

112. Über die Todtenstarre, rigor mortis, sind hauptsächlich Untersuchungen angestellt worden von Nysten, Sommer, Brücke, Gierlichs, Bruch, Kühne u. A.[1]) Sie besteht darin, dass frühestens 10 Minuten und spätestens 7 Stunden nach dem Tode von Menschen (Sommer) zuerst der Hals und der Unterkiefer, dann die übrigen muskulösen Theile steif werden. Der Unterkiefer ist straff gegen den Oberkiefer angezogen, die Glieder sind meist etwas gebeugt. Auch das Herz, die Gefässe, die Gedärme werden steif (Valentin,[2]) Gierlichs und Krause.[3]) An der iris des Auges habe ich gleichfalls den rigor beobachtet. Der rigor tritt immer erst auf, wenn die Reize, welche man auf Muskeln anwendet, ohne Wirkung bleiben (Gierlichs, Bruch), wenn das Nervensystem völlig erstorben scheint. Bei Thieren, bei welchen erst lange nach dem Tode die Reizbarkeit erlischt, z. B. Fröschen, tritt der rigor spät, manchmal erst nach mehren Tagen ein, — dagegen bei Vögeln, wo das umgekehrte Verhältniss stattfindet, sehr rasch nach dem Tode. — Nach Durchschneidung der Muskeln eines Gliedes wird dasselbe wieder beweglich, aber die Muskeln selbst bleiben steif. In gelähmten Gliedern, nach dem Tode durch narcotica oder den elektrischen Schlag, tritt dennoch die Todtenstarre ein.

Ausdehnbarkeit todtenstarrer Muskeln.

113. Ein todtenstarrer Muskel verliert an Ausdehnbarkeit. So z. B. zeigte nach Wundt[4]) ein 50,5 mm langer Kaninchenmuskel

unmittelbar nach dem Tode		vier Stunden später	
Belastung.	Verlängerung.	Belastung.	Verlängerung.
1 Grm.	0,040,	1 Grm.	0,020,
2 „	0,066,	2 „	0,040,
5 „	0,256,	5 „	0,120.

In einem solchen Muskel kann sich also die Elasticität in höherm

1) Nysten, rech. de phys. et de chim. path. Par. 1817. — Sommer, diss. de signis mortem hom. absol. indic. Havn. 1833. — Brücke in Müller's Arch. 1842, p. 178. — Gierlichs, de rigore mortis. Bonn 1843. — Bruch, de rigore mortis. Heidelb. 1845. — Kühne im Archiv f. Anat. 1859.

2) Valentin, Lehrb. d. Phys. 2. Aufl. II, a, 141.

3) Krause, de rigore mortis. Dorp. 1853.

4) Wundt, Lehre v. d. Muskelbew. Braunschw. 1858, p. 69.

Digitized by Google

Grade zeigen, weil der durch die Ausdehnbarkeit gesetzte Widerstand geringer ist.

Muskelstrom und Reaction in der Starre.

114. Mit dem Eintritte der Todtenstarre soll der Muskelstrom aufhören und die Fleischflüssigkeit bekommt eine saure Reaction (Du-bois-Reymond). Vgl. §. 47, p. 539.

Ursache der Todten-starre.

115. Die Ursache der Todtenstarre ist noch nicht vollständig ermittelt. Nysten, Gierlichs, Bruch und in neuerer Zeit Schiff und Virchow betrachten sie als die letzte Erscheinung der Contractilität; Orfila, Beclard und Treviranus als eine Folge der Gerinnung des Blutes, Brücke durch Gerinnung des in den Muskelfasern noch vorhandenen Faserstoffs entstanden. Die erstere Ansicht ist ganz unwahrscheinlich, weil die Muskeln eben alle Contractilität gegen die stärksten Reize eingebüsst haben. Gegen die zweite Ansicht spricht, dass die Starre nach Sommer und Gierlichs zuweilen vor der Blutgerinnung und auch bei Leichen, deren Blut man ungeronnen findet, eintritt, dass die Erscheinung nicht ausbleibt, wenn Thieren der Faserstoff aus dem Blute durch Schlagen entzogen worden ist, sowie wenn man liqu. kali caustici und andere die Gerinnung verzögernde Substanzen in die Adern injicirt und dadurch die Gerinnung des Blutes verhindert (Magendie, [1]) Gierlichs, Kussmaul [2]). E. Weber [3]) betrachtet den rigor mortis nicht als Zeichen einer organischen, sondern einer physikalischen Bewegung. Indem nämlich nach dem Tode die Ausdehnbarkeit der Muskeln bedeutend abnimmt, so kehren dieselben vermöge der Elasticität zu ihrer natürlichen Länge zurück. Während sie im lebendigen Körper zwischen den Knochen ausgespannt erhalten bleiben, ziehen sich dieselben nach dem Tode enger zusammen.

Der rigor mortis muss nothwendig mit einer chemischen Veränderung der abgestorbenen Muskelmasse zusammenhängen, durch welche dieselbe hart wird, ehe sie fault. Brücke vermuthet, dass auf ähnliche Weise, wie in dem aus den lebendigen Gefässen entleerten Blute der Blutfaserstoff gerinne, so auch der Muskelfaserstoff in dem ersterbenden Muskel. Kühne [4]) erhielt durch Auspressen von Muskeln frisch getödteter Thiere, denen zuvor zur Entleerung des Blutes die Gefässe mit verdünntem Zucker- oder Salzwasser ausgespritzt waren, eine trübe, neutral reagirende Flüssigkeit, welche von selbst geraun, während die ausgepressten Muskeln selbst nur unvollkommen erstarrten. Diese Flüssigkeit gerann früher, wenn sie aus Säugethieren

1) Magendie, leçons sur les phénom. phys. de la vie. Brux. 1837, T. II.
2) Kussmaul in Prager Vierteljahrsschr. 1835, II, 67.
3) E. Weber in Wagner's Handwörterbuch.
4) Kühne in Arch. f. Anat. 1859.

Digitized by Google

genommen war, als aus Fröschen, bei denen auch der rigor später eintritt. — Auch durch Erwärmung erfolgt die Erstarrung der Flüssigkeit bei derselben Temperatur, wie die der Muskeln selbst, in denen vom Frosche bei 45°, von Säugethieren bei 50°, von Vögeln bei 33° C.

Aus diesen Versuchen scheint sicher hervorzugehen, dass ein bestimmter Proteinstoff in den Muskeln vorhanden ist, der beim Absterben des Muskels, d. h. wenn derselbe seine Reizbarkeit verliert, fest wird und dass dieser Stoff mehr verwandt mit dem Faserstoff des Blutes ist.

Aufhören der Starre durch Einspritzen von Blut.

116. Merkwürdiger Weise kann die Starre, wenn sie nicht zu lange gedauert hat, wieder aufgehoben werden, wenn frisches Blut in ein starres Glied eingespritzt wird. Brown-Séquard [1]) und Stannius [2]) sahen die Todtenstarre nach einer solchen Injection wieder schwinden und die Muskelreizbarkeit, die vollends erloschen war, zurückkehren, s. p. 541. Hingegen behauptet Kühne (Archiv f. Anat. 1859), dass, wenn die Muskeln wirklich starr, hart, undurchsichtig, von saurer Reaction und unerregbar für jede Reaction waren, der Blutstrom die Erregbarkeit nicht wiederherstellen konnte, sondern dass rasche Fäulniss eintrat.

Zeit des Eintritts der Todtenstarre nach Bewegungen.

117. Wie der Eintritt der Todtenstarre sich an das Aufhören der Muskelreizbarkeit anschliesst, so folgt derselben die Fäulniss nach. Wenn ein Thier vor dem Tode starken Bewegungen ausgesetzt wird und in Folge davon Muskel- und Nervenkraft verloren geht, so entsteht die Todtenstarre früher, als in entgegengesetzten Verhältnissen. Hierüber sind neuerdings von Brown-Séquard [3]) und Heineke [4]) interessante Versuche angestellt und dadurch frühere Erfahrungen bestätigt worden. Werden bei einem Kaninchen der n. cruralis und ischiadicus einer Seite durchschnitten, dann dasselbe durch Strychnin vergiftet, so entstehen am ganzen Körper tetanische Krämpfe, von denen nur das operirte Bein verschont bleibt. Nach dem Tode tritt an diesem die Starre viel später, als an dem andern ein, welches vorher sich in starken Muskelcontractionen erschöpft hatte. — Selbst wenn Thiere, denen einen Tag vorher die Nerven des einen Hinterschenkels durchschnitten worden waren, durch Erdrosselung getödtet werden, so tritt im gelähmten Gliede die Todtenstarre später ein. Auch wenn Kaninchen durch angelegte Gypsverbände an

---

1) Brown-Séquard in C. r. 1851, XXXVI, 855 u. 897.
2) Stannius in Arch. f. phys. Heilk. 1852, p. 1.
3) Brown-Séquard in C. r 1849, T. XXIX; 1851, T. XXXII; 1857, T. XLIII
4) Heineke, de connexu irritabilit. musc. c. rig. mortis, obs. phys. Gryph. 1858, und Deutsche Klinik 1858, Nr. 43.

Digitized by Google

einzelnen Gliedern der Bewegung beraubt wurden, blieb nach dem Tode die Reizbarkeit an diesen länger, als den frei beweglichen, wie Heineke sah. — Diese Versuche sind jedoch, wie oben bemerkt, nicht neu. Schon Valli,[1]) Fowler,[2]) dann Nasse,[3]) Nysten, Mayer u. A., besonders aber Engelhardt[4]) haben beobachtet, dass Muskeln von Gliedern, welche vor dem Tode geschont waren, länger reizbar bleiben. Der letztgenannte Forscher fand, dass solche Muskeln ein schwereres Gewicht zu heben im Stande waren, als andere an Gliedern, deren Bewegung vor dem Tode nicht gehemmt war.

Verhinderung der Todtenstarre.

118. Durch manche Einwirkungen soll die Muskelstarre nicht eintreten, z. B. bei todtgehetzten Thiren (Burdach[5]), nach Vergiftungen mit Blausäure (Stannius[6]), bei Asphyxie durch Kohlendunst u. s. w. Doch herrschen hierüber noch abweichende Angaben.[7])

E. Mechanismus einiger der wichtigsten Körperbewegungen.

I. Stehen.

Erfordernisse des Stehens.

119. Das aufrechte Stehen ist diejenige zusammengesetzte Bewegung, bei welcher der Schwerpunkt des Körpers von dem Theile der Bodenfläche unterstützt wird, welcher zwischen den Füssen liegt, während die Beine mehr oder weniger gestreckt sind. Die Beine resp. Füsse sind die Träger, welche die Basis einschliessen, über die der Schwerpunkt fallen muss. Je breiter diese Basis durch Entfernung der Beine von einander wird, desto sicherer das Stehen und umgekehrt.

Schwerpunkt.

120. Der Schwerpunkt des ganzen Körpers fällt nach E. Weber[8]) in das promontorium, nach H. Meyer[9]) in den Kanal des

---

1) E. Valli, experiments on animal electricity with their applic. on phys. 1793.

2) Fowler, exper. and observ. relat. to the infl. lately discov. by Mr. Galvani 1794. F. gibt vortreffliche Erklärungen über diese Zustände.

3) Nasse, Unters. z. Phys. u. Path., II, 258.

4) Engelhardt, de vita musculorum. Bonn 1841.

5) Burdach, Phys., II, 630.

6) Stannius in Müller's Archiv 1852, p. 92.

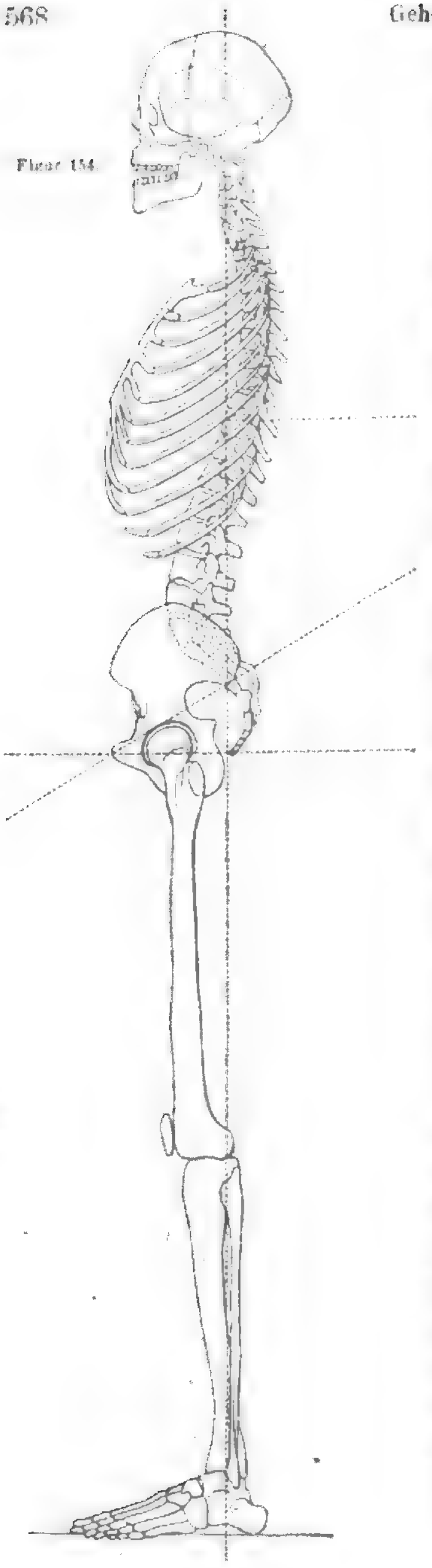
7) Ausser den angegebenen Schriften sind über Todtenstarre noch zu vgl.: Güntz, Der Leichnam des Menschen. Leipzig 1827. — Schiff in Moleschott's Unters., V, 181, u. Physiol. — Dubois-Reymond, Unters. über thier. Elektr., II, 156. — Jordan, Tod durch Blitzschlag in Zeitschr. f. rat. Med. 1846, IV, 209.

8) W. u. E. Weber, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Gött. 1836.

9) H. Meyer in Müller's Archiv 1853, u. Lehrb. d. phys. Anat.

Digitized by Google

Figur 134.



Mechanismus des Stehens.

zweiten Sacralwirbels. Der Schwerpunkt des gestreckten Rumpfes ohne Beine bei schlaff am Oberkörper anliegenden Armen und aufrecht stehendem Kopfe liegt nach E. Weber in der Horizontalebene, in welcher der proc. xyphoideus liegt, 947,7 mm von der Ferse, 721,5 mm von dem Scheitel entfernt. Eine von diesem Schwerpunkt durch die Drehungsaxe des Kopfes auf den atlas und auf den Boden gezogene Senkrechte (Schwerlinie) schneidet das tuberculum anterius des atlas, liegt bis zum zehnten Brustwirbel vor und dann bis zum zweiten Kreuzbeinwirbel hinter der Wirbelsäule und fällt hinter dem Drehpunkt des Hüftgelenks herab. — Die Schwerlinie des Gesammtkörpers fällt gleichfalls hinter das Hüftgelenk und erreicht den Boden in der Mitte zwischen der tuberositas calcanei und dem capitulum des ersten Metatarsalknochens beider Füsse. — Man findet diesen Schwerpunkt dadurch, dass man eine Leiche auf der Kante eines Brettes so lange verschiebt, bis das Gleichgewicht hergestellt ist.

121. Bei demjenigen Stehen, bei welchem wir am Wenigsten ermüden, steht der Rumpf nicht im Gleichgewichte auf der durch beide Mittelpunkte der Pfanne gelegten Queraxe, sondern er sinkt hinten über, was man an sich selbst leicht beobachten kann. Die Schwerlinie, welche man von dem Schwerpunkte des ganzen Körpers auf den Erdboden zieht, fällt daher nicht in die durch beide Hüft-

Digitized by Google

gelenke gehende Queraxe, sondern hinter diese. — Indem der Rumpf zurücksinkt, was besonders durch den m. glutaeus maximus, aber auch die übrigen glutaei bei befestigtem Oberschenkel geschieht, spannt sich das ligam. ileofemorale oder superius femoris, d. i. das starke Bündel des Kapselbandes, welches den obern vordern Umfang des Gelenks umkleidet, unterhalb der spina inferior anterior ossis ilium entspringt und theils an die linea intertrochanterica anterior, theils nach der hintern Fläche des Schenkelhalses (zona) geht. Dieses Band verhindert das zu starke Rückwärtssinken des Rumpfes. Bei dieser Art des Stehens, bei welcher durch den Zug der glutaei das Becken und damit der ganze Rumpf nach Hinten gezogen wird und die Pfannen über die Schenkelköpfe herabgleiten, ist die Muskelanstrengung relativ gering. Vielmehr wird durch die Rumpfschwere einerseits, und die Spannung des ligam. superius anderseits, das Gleichgewicht hergestellt. Wird aber beim Stehen der Rumpf gerade gestreckt und soll derselbe auf der Queraxe, welche durch die Hüftgelenke geht, balanciren, so sind sehr viele Muskeln dabei in Thätigkeit zu erhalten und Aufmerksamkeit nothwendig, um nicht das Gleichgewicht zu verlieren. Namentlich müssen, wie die glutaei hinten, so der ilio-psoas vorn und die Strecker des Rückgrats in Anwendung gezogen werden. Zum Aufrechtstehen gehört aber ausser der Streckung im Hüftgelenke, auch eine solche im Kniegelenke. Diese kann in verschiedenem Grade stark sein, da selbst bei halber Beugung noch ein Stehen möglich ist. Diese Beugung besteht aber nicht darin, dass der Unterschenkel gegen den Oberschenkel heraufgezogen wird, sondern dass dieser in die Knie einsinkt. Dies kann theils activ geschehen, wenn die obern Ansatzpunkte der gastrocnemii die condyli des Oberschenkels herabziehen, theils durch die Schwere des Körpers. Diese würde ein Zusammensinken bewirken, wenn nicht dabei theils das ligamentum superius durch seine vermehrte Spannung, theils der Theil der fascia lata, welcher von der spina anterior superior ossis ilium gegen den condylus externus tibiae hin sich erstreckt (ligamentum ileo-tibiale H. Meyer), eine Gegenwirkung zeigten. — In dieser Lage, wo also die Schwere des Körpers ein wesentliches Moment abgibt, ist das Stehen am wenigsten ermüdend. Soll aber bei aufrechtem Stehen die Streckung vollständig eintreten, so müssen die extensores cruris, welche beim Stehen niemals ganz unthätig bleiben, in vollkommene Action treten.

Stellung der Füsse.

122. Die Füsse bilden wieder die hauptsächliche Stütze für die Unterschenkel und den ganzen Oberkörper. Es kommt darauf an, dass die tibia auf der obern Knorpelfläche des Körpers vom talus so aufruhe, dass sie nicht abgleite. — Durch die Schwere würde die tibia nach Vorn gebeugt werden, weil nämlich die Schwerlinie vor das Gelenk fallen muss, wenn sie die Mitte der Fusssohle treffen

Digitized by Google

soll. Durch die gestreckte Haltung im Knie- und Hüftgelenke wird hingegen diesem Streben vorgebeugt. — Jedoch wirken dabei die Strecker des Fusses (gastrocnemii und soleus) einerseits, anderntheils die m. tibialis posticus und peroneus longus mit.

123. Der Fuss steht hauptsächlich auf drei Punkten, auf der tuberositas calcanei, den Sesambeinen an dem Köpfchen des ersten Metatarsalknochen, und dem Köpfchen des fünften Metatarsalknochens. Wenn die Schwerlinie aus dem Schwerpunkte des Körpers (unterhalb des promontorium) in die Mitte der Verbindungslinie des Metatarsus-Köpfchens und der Mitte der Verbindungslinie der beiden Höcker des Sesambeines, gleichweit von beiden entfernt, den Boden trifft, so ist das Stehen am Sichersten. Dies kann nur geschehen bei einer schiefen Stellung der Beinaxe.[1]) Beim Aufrechtstehen setzen wir die Füsse deshalb auch nach Aussen.

II. Gehen.

Erfordernisse beim Gehen.

124. Durch die Bewegung des Gehens soll der Körper auf den Füssen nach Vorn gerückt werden, so aber, dass jedesmal, während er vorwärts bewegt wird, der eine Fuss sich nicht am Boden reibt, sondern frei in der Luft schwebt. Indem die Bewegung des einen Beines vor sich geht, wird der Körper durch den andern Fuss und das andere Bein gestützt und es muss dabei Sorge getragen werden, dass das Gleichgewicht erhalten bleibe. Dies sind also die beiden Erfordernisse beim Gehen, das Fortbewegen und die Erhaltung des Gleichgewichtes.[2])

Die einzelnen Akte der Vorwärtsbewegung.

125. Man kann drei Akte unterscheiden, welche zur Vorwärtsbewegung gehören, nämlich erstens das Abheben des Fusses vom Boden, zweitens das Schwingen des in der Luft schwebenden Beines nach Vorn, drittens das Aufsetzen desselben auf den Erdboden. Diese drei Akte führt hinter einander mit einer grössern oder geringern Schnelligkeit erst das eine, dann das andere Bein aus.

Während dies von dem einen Beine *A* geschieht, steht das andere Bein *B* auf dem Erdboden auf. Wenn nun auch *A* vollständig auf dem Boden steht, so fängt alsbald *B* an, die drei Akte auszuführen, und so wechseln die Beine ab.

Passive und active Phase.

126. Während im zweiten Akt die eine Extremität ganz in der Luft schwebt, wird sie vom Rumpfe gehalten. Man nennt diesen Zustand die passive Phase, eben weil das Bein vom Rumpfe getragen

---

1) Vgl. H. Meyer in Müller's Archiv 1853.

2) Vgl. Weber, Mechanik der Gehwerkz. Gött. 1836. — H. Meyer in Müller's Archiv 1853.

Digitized by Google

wird. — So lange im dritten Akte das Bein eine Bewegung macht, damit der Fuss den Boden erreicht, und, nachdem er diesen erreicht hat, vollständig aufsteht, und dann wieder für einen neuen Schritt sich erhebt, ist das Bein in der sogenannten activen Phase, d. h. in selbstständiger Thätigkeit begriffen, welche selbstverständlich länger anhält, als die passive. — Es gehören also zwei Schritte dazu, bis die ganze Bewegungsreihe vollendet ist. 1) Das Bein *A* ist im Begriff, sich niederzustellen, unterdessen steht noch das Bein *B* auf dem Boden. 2) Das Bein *A* steht auf dem Boden, das Bein *B* hebt sich. 3) Das Bein *A* steht auf dem Boden, das Bein *B* schwebt in der Luft. 4) Das Bein *B* ist im Begriff, sich niederzustellen, das Bein *A* steht noch auf dem Boden. 5) Das Bein *B* steht auf dem Boden, das Bein *A* hebt sich. 6) Das Bein *B* steht auf dem Boden, das Bein *A* schwebt in der Luft.

In Nr. 3 ist *B*, in Nr. 6 *A* in der passiven Phase, in 1. 2. 3. 4. 5. ist *A* in der activen, in 1. 2. 4. 5. 6. ist *B* in der activen Phase.

Beschreibung der einzelnen Bewegungsacte. Aufheben des Beines.

127. Es ist nun der Vorgang der einzelnen Bewegungen zu beschreiben. Sie hängen theils mit Muskelcontractionen, theils mit mechanischen, nicht organischen Verhältnissen zusammen. — Wir beginnen von dem Momente, in welchem der bisher ruhende Körper zu gehen anfängt. 1) Der eine Fuss hebt sich mit seiner Ferse nach Hinten in die Höhe durch Contraction der Wadenmuskeln. Der grösste Theil des Fusses verlässt den Boden. Nur der vordere Theil der Zehen, besonders der Ballen, bleibt auf demselben stehen. — Dabei beugt sich das Bein sowohl im Knie- als im Hüftgelenke, so dass dasselbe ein Zickzack bildet. Es ist zwar möglich, die Erhebung der Ferse ohne diese Beugungen bei gestrecktem Beine vorzunehmen, jedoch nur mit grosser Muskelanstrengung, und nicht bis zu gleicher Höhe. — Es kann ferner das Bein vom Boden abgehoben werden, ohne dass vorher der Ballen sich aufstellt, nämlich bloss durch eine Beugung im Schenkelgelenk, so dass also der erste Act mit dem gleich zu beschreibenden zweiten zusammenfällt.

Zweiter Act. Schweben des Beines in der Luft.

128. Im zweiten Acte soll das nur noch mit dem Ballen des Fusses auf dem Erdboden aufstehende Bein ganz vom Boden entfernt und mit gestrecktem Knie und mehr oder weniger nach Vorn gebeugtem Fusse aufgehoben werden. Dieses geschieht zunächst durch Anziehen des Oberschenkels an den Rumpf, vermittelst der m. psoas und iliacus internus bei feststehendem Rumpfe, durch die Streckmuskeln des Unterschenkels, sowie durch den m. tibialis anticus, peroneus brevis und tertius, welche letztere Muskeln die Dorsalfläche des Fusses an die gestreckten Unterschenkelknochen anziehen. In diesem zweiten Acte liegt das Bein ohne Unterlage, es schwebt in der Luft und wird vom Rumpfe getragen.

Digitized by Google

Wirkung des Luftdruckes auf den Schenkelkopf.

129. Die Last des Beines wird aber wesentlich dadurch erleichtert, dass die äussere atmosphärische Luft den Schenkelkopf in der Pfanne zurück hält. E. Weber entdeckte, dass der Schenkelkopf in Folge seiner blossen Schwere die Pfanne nicht verlässt, sondern durch den Luftdruck dicht an derselben anliegt. Man kann sämmtliche Muskeln um das Hüftgelenk durchschneiden, ohne dass der Kopf aus der Pfanne herausfällt, was jedoch sogleich geschieht, wenn in dieselbe ein Loch vom Becken aus gebohrt wird. — Auch wurde von den Gebrüdern Weber der Einfluss der Luftpumpe auf das Gelenk untersucht. Das Hüftgelelenk einer menschlichen Leiche wurde rein präparirt, der Oberschenkel bis unter den Trochanteren abgeschnitten, darauf die Kapsel vorsichtig geöffnet, das Schenkelstück mit einem Gewicht von 2 Pfund beschwert und das Hüftgelenk in einer Glocke aufgehängt. Als die Luft aus der Glocke bis auf 1″ Druck entfernt war, senkte sich der Kopf ziemlich rasch 7 Linien, ohne jedoch das labrum cartilagineum zu verlassen und als die Luft wieder zugelassen wurde, stieg es schnell wieder. [1])

Pendelschwingungen des Beines.

130. Bei diesem zweiten Gehacte kommt noch ein zweiter Umstand in Betracht, auf den gleichfalls die Gebrüder Weber aufmerksam gemacht haben, nämlich die Pendelschwingungen. Das am Rumpfe gewissermassen hängende Bein schwingt, wie ein Pendel von Hinten nach Vorn und etwas nach Innen. Es pendelt leicht, weil es gar keinen Reibungswiderstand zu überwinden hat, indem dem Luftdruck durch die Schwere des Beines das Gleichgewicht gehalten wird. — Durch diese Pendelschwingung wird die Muskelbewegung sehr unterstützt und bei kleinen Schritten beinahe überflüssig. Bei grossen Schritten ist dies nicht mehr der Fall. Ausserdem hat auch die Pendelbewegung den Vortheil, dass der Gang dadurch so regelmässig wird. Wenn nämlich die Schwingung einen gewissen Grad erreicht hat, was gefühlt wird, so muss die weitere Schwingung inhibirt werden. Sobald man also darauf achtet, zu derselben Zeit die Schwingung zu unterbrechen, so kann die Regelmässigkeit nicht ausbleiben. Die Beugung des Oberschenkels gegen den Rumpf nimmt mit der Grösse der Schritte zu. — Während des zweiten Actes kann das Knie sowohl gestreckt, als gebeugt sein. In letzterer Lage ist die Bewegung viel weniger anstrengend.

Drehung des Rumpfes nach Vorn.

131. Während das Bein nach Vorn schwingt, wird der Rumpf vorwärts bewegt. Dies geschieht durch eine Drehung. Der feste

1) Beim Ersteigen hoher Berge, wo die Luft sehr verdünnt ist, reicht der Druck derselben wahrscheinlich nicht aus, um den Kopf in der Pfanne zu halten und es müssen daher die Muskeln mehr angestrengt werden, woher sich vielleicht zum Theil die grosse Ermüdung erklärt.

Digitized by Google

(Dreh-) Punkt, um welchen sich der Oberschenkel des den Körper tragenden Beines und zugleich der ganze Rumpf dreht, ist der Fuss des tragenden Beines. — Man kann sich die Vorwärtsbewegung einigermassen versinnlichen, wenn man mit einem Stuhle Bewegungen der Art nach Vorn macht, dass das eine hintere Bein auf die Erde aufgesetzt wird und den Stützpunkt bildet, während das andere hintere Bein nach Vorn gedreht wird.

Dritter Act. Aufsetzen des Fusses.

132. Im dritten Acte erfolgt das Aufsetzen des Fusses auf den Erdboden und zwar so, dass zuerst die Ferse, dann der übrige Theil des Fusses den Boden berührt. Der Oberkörper senkt sich dabei soviel herab, als die Entfernung des Fusses vom Boden betrug. Im Momente, in welchem das Bein aufgesetzt wird, ist das Knie gestreckt, wodurch das Bein verlängert und der Boden leichter erreicht wird. — Sobald es den Boden erreicht, so beugt sich das Knie ein wenig wieder. — Die Ferse des Beines, welches sich eben aufgestellt hat, steht bei dem gewöhnlichen Gehen dann vor dem durch den Schwerpunkt des Körpers gezogenen Lothe. — Sobald der dritte Act von dem einen Beine vollendet ist, so beginnt das andere den ersten Act, indem es sich auf den Ballen und die Zehen aufrichtet.

Erhaltung des Gleichgewichts beim Gehen.

133. Das zweite Erforderniss beim Gehen besteht also, wie gesagt, darin, dass der Schwerpunkt an den minder oder nicht unterstützten Theilen während des Gehens gestützt wird. Hierzu werden sowohl von Rumpf- als Extremitätenmuskeln Bewegungen gemacht. Unter andern sind in dieser Beziehung auch die Arme thätig. Während das eine Bein *A* vorrückt und vom Rumpfe getragen wird, schwingt der entsprechende Arm nach Hinten. Unterdessen steht das stützende Bein *B* auf dem Boden und der entsprechende Arm schwingt nach Vorn. Dadurch wird die Neigung nach der Seite von *A* und nach Vorn hin vermindert.

Der Rumpf ist beim Gehen etwas vorwärts geneigt, wodurch dem Streben, nach Hinten zu fallen, entgegen gewirkt wird. — Es gibt ein Moment, in welchem der Körper nach Hinten überfallen würde, wenn nicht dann die Drehung, welche oben beschrieben ist, vorgenommen würde. Dies Moment tritt ein, nachdem sich ein Bein *A* auf den Boden aufgesetzt hat, und das andere *B* sich vom Boden lösen will. Würde *B* bereits aufgehoben sein, ohne dass diese Drehung erfolgte, so käme der Schwerpunkt zu weit nach Hinten und ein Rückwärtsfallen müsste eintreten. Es stehen hier einen Augenblick beide Füsse auf. Dieser kurze Zeitpunkt wird um so mehr abgebrochen, je rascher das Gehen erfolgt.

Wenn der Körper auf einem Beine ruht, so kann die Schwerlinie natürlich nicht wie beim Stehen zwischen beide Füsse, sondern sie muss in den ruhenden Fuss selbst fallen. Zu dem Be-

Digitized by Google

hufe wird entweder der Rumpf im Hüftgelenk seitwärts gebeugt, oder das Bein neigt sich gegen den Fuss nach Vorn, so dass eine Beugung zwischen tibia und astragalus stattfindet. Hierdurch wird das Gleichgewicht hergestellt.

Schrittdauer und Schrittlänge.

Je kürzer ein Schritt dauert und je länger dabei die Schritte sind, desto grösser ist die Geschwindigkeit des Gehens. Die Schrittlänge hängt zunächst von der Hebung des Schenkelkopfs über dem Fussboden ab, wobei natürlich die Länge des Beines in Betracht kommt. — Je geringer die Höhe des Schenkelkopfs über dem Boden ist, desto kleiner ist die Schrittdauer. — Durch die Weber'schen Untersuchungen ist ermittelt, dass ein kurzer Schritt mehr Zeit erfordert, als ein langer, so z. B. ein Schritt

von 0,851^{m} dauerte 0,335 Secunden,
„ 0,398^{m} „ 1,050 „

III. Stimme und Sprache.

Stimme.

134. Die Tonerzeugung im Kehlkopfe, welche wir Stimme nennen, entsteht dadurch, dass die aus den Lungen während des Ausathmens ausgetriebene Luft, indem sie durch die hinlänglich verengte Stimmritze geht, in Schwingungen geräth und die elastischen Stimmbänder (lig. thyreoarytaenoidea inferiora) in Schwingungen versetzt. [1])

Kehlkopf als Zungenwerk.

135. Der Kehlkopf gehört in die Reihe derjenigen Toninstrumente, welche man Zungenwerke nennt. Sie beruhen darauf, dass ein zungenartiger, elastischer Körper durch einen Luftstrom in Schwingungen versetzt wird. Die Zungen sind entweder fest, metallisch oder weich. Zu erstern gehört beispielsweise die Maultrommel, die letztern sind diejenigen, welche allein hier in Betracht kommen. — Biot und Cagniard de la Tour haben bereits Versuche mit Zungen dieser Art gemacht, indem sie elastische Membranen von Kautschuk über eine Röhre spannten. J. Müller hat aber die genauesten und ausführlichsten Versuche mit solchen Zungen angestellt und ausserdem dazu ausgeschnittene menschliche Kehlköpfe benutzt. Spannt man einen Streifen von einer dünnen Kautschukplatte über einen hölzernen Ring, so entsteht ein schwacher, klangloser Ton, wenn er wie eine Saite gezerrt wird, deutlicher, wenn man mit einem Röhrchen dagegen bläst. Befestigt man jederseits neben den Streifen eine Papp-

1) Nach W. Weber erzeugen bei Zungenwerken die Schwingungen der Luft den Ton, während nach J. Müller die Zungen selbst die wesentlich tönenden Körper sind. Vgl. Poggendorf's Ann., Bd. XVI u. XVII, und Müller's Phys., I, 377. — Bindseil, Akustik. Potsd. 1839.

Digitized by Google

oder Holzplatte so, dass nur ein schmaler Spalt übrig bleibt, so entstehen starke, klangreiche Töne. Ebenso, wenn man über die Hälfte eines kurzen Rohres eine Kautschukplatte spannt und die andere Hälfte mit einer festen oder einer membranösen Platte bedeckt, so dass in der Mitte ein feiner Spalt bleibt. — Man kann diese Vorrichtung sehr leicht dadurch herstellen, dass man von einer $^1/_2$—$^3/_4$″ weiten Kautschukröhre ein $1^1/_2 - 2$″ langes Stück abschneidet und auf das Ende eines Glasrohres aufbindet. Fasst man nun die Kautschukröhre an ihrem obern Ende an zwei gegenüber liegenden Punkten und zieht sie aus einander, so bildet sich eine Ritze. Bläst man dann unten hinein, so erhält man einen Ton, der um so höher wird, je stärker die beiden Lippen angespannt werden. Man kann dabei ganz deutlich die Vibrationen der beiden Kautschuklippen sehen, welche die Ritze bilden (Müller's Physik, I, 399).

Wir betrachten im Folgenden: A. Die Entstehung der Stimme überhaupt. B. Die Modifikationen der Stimme.

A. Entstehung der Stimme.

136. Man hat mehre Methoden angewandt, um den Mechanismus kennen zu lernen, welcher bei der Stimmerzeugung angewandt wird.

Methoden zur Erforschung des Mechanismus der Stimmerzeugung.

137. An einem ausgeschnittenen menschlichen Kehlkopfe, an welchem noch ein Stück der Luftröhre sitzen geblieben ist, werden alle Theile desselben, welche oberhalb der (unteren) Stimmritzbänder liegen, abgeschnitten und die Stimmritze dadurch verengt, dass man die beiden cartilagines arytaenoideae durch einen Pfriemen an einander heftet, diesen durch Schnüre umschlingt, welche durch ein durchlöchertes Brett gezogen und befestigt werden. Sodann zieht man in den Winkel der cartilago thyreoidea eine Darmsaite und lässt diese über eine an einem senkrechten Stabe befestigte Rolle gehen, welche man mit einer mit Gewichten belegten Wagschale verbindet, wodurch die cartilago thyreoidea nach Vorn gezogen wird, mithin die Stimmbänder angespannt werden. — Dadurch ist man im Stande, durch ein gebogenes Glasrohr, welches an dem Luftröhrenringe angebunden ist, einen Ton zu erzeugen, wenn man in jenes hineinbläst. Dieser Ton hat nach der Stärke des Blasens verschiedene Stärke und nach der Grösse der Spannung und Verengerung der Stimmbänder verschiedene Höhe (J. Müller). [1])

1) Vgl. Müller's Phys., II, 185. — Harless in Wagner's Handwörterb., IV, 669. H. gibt einen complicirten Apparat an, um die Giesbeckenknorpel bei den Versuchen in mehr natürlichen Verhältnissen zu lassen. — Liscovius, Phys. der menschl. Stimme. Leipz. 1846, p. 14.

1) Versuche am ausgeschnittenen Kehlkopfe.

Digitized by Google

Die Versuche am todten Kehlkopfe können nicht den vollständigsten Aufschluss über die Erscheinungen im Leben geben, weil die Elasticität sich bedeutend nach dem Tode ändert, sowohl in den Bändern und Knorpeln, als auch in den Muskeln; zum Theil, weil im ausgeschnittenen Kehlkopfe die Resonanz sich nicht so bemerklich machen kann, wie bei der Verbindung mit den darüber liegenden Theilen (Longet und Masson).[1]) Nichts desto weniger sind jene Versuche zur Erläuterung des Mechanismus von grossem Werthe.

2) Beobachtungen an lebenden Thieren.

138. Longet[2]) gebrauchte Hunde und Katzen, um an ihnen den Mechanismus der Stimmerzeugung zu beobachten. Theils öffnete er weit den Unterkiefer, zog die Zunge hervor und hob dadurch den Kehlkopf, um die glottis und die benachbarten Theile sehen zu können, theils machte er Einschnitte in die membrana thyreohyoidea und zog den Larynx hervor, um die Stimmritze vor sich zu haben.

3) Kehlkopfspiegel.

139. Der Kehlkopfspiegel zur Untersuchung der Stimmritze, des Schlundes, des Kehlkopfs und der umliegenden Theile wurde zuerst von Liston und Garcia[3]) angegeben, von Türck[4]) und besonders von Czermak[5]) vervollkommnet. Letzterer hat denselben namentlich zu physiologischen Zwecken angewendet. — Zu seinem Gebrauche ist erstens ein (viereckiger, runder oder ovaler) Spiegel (7—14‴ Durchmesser, 1‴ dick) von Glas oder besser Metall, mit einem etwa 3″ langen gekrümmten Stiel und zweitens ein Beleuchtungsapparat erforderlich. — Als solchen wendet Czermak einen Concav- oder Planspiegel an, welcher wie am Augenspiegel in der Mitte eine unverquickte Stelle von 5‴ Durchmesser hat. Diesen fasst er zwischen den Zähnen mittelst eines Stieles oder befestigt ihn auf eine andere passende Weise so, dass er beim Beobachten gerade vor dem Auge steht. Auf diesen Spiegel lässt man nun Sonnenlicht oder besser Lampenlicht fallen, welches sich auf den Kehlkopfspiegel reflectirt, auf welchen der Beobachter durch die unverquickte Stelle seines Beleuchtungsspiegels hinsieht. — Der Kehlkopfspiegel muss vor seiner Anwendung erwärmt werden, damit er nicht anläuft, und wird nun bei weit geöffnetem Munde, während der zu Beobachtende abwechselnd *ae* intonirt und tief inspirirt, unter das gehobene velum und die uvula gebracht, die Spiegelfläche natürlich nach unten gerichtet. Der Beobachter sitzt dem zu Beobachtenden gegenüber und wendet

---

1) Vgl. Longet, Traité de physiol. Par. 1852, P. I.
2) Longet, Traité de phys. Par. 1852, I, 3, p. 175.
3) Garcia in Philos. Mag., X, 218. Gazette hebd. 1855, Nr. 46.
4) Türck, in Zeitschr. d. Wien. Aerzte 1858.
5) Czermak, Der Kehlkopfspiegel. Leipzig 1860 (hier findet sich auch die gesammte Literatur).

Digitized by Google

den vor seinem Auge befestigten Spiegel so lange durch Drehungen mit seinem Kopfe, bis er vermittelst der unverquickten Stelle bemerkt, dass der Kehlkopfspiegel hinlänglich beleuchtet ist. — Man kann auch nach Garcia und Czermak an sich selbst den Kehlkopfspiegel anwenden. Eine gewöhnliche Schieberlampe, von der man Glasglocke und Ring abgenommen hat, wird vor den weit geöffneten Mund gestellt und dadurch der Schlund erleuchtet. Sodann hält man zwischen die Flamme und die Augen mit der einen Hand ein der Quere nach länglich viereckiges Stück eines Planspiegels (Gegenspiegel), gross genug, um die Augen zu beschatten und den erleuchteten Schlund abzuspiegeln, während die andere Hand den Kehlkopfspiegel regiert (Czermak p. 22).

Durch den Kehlkopfspiegel gelingt es, bei lebenden Menschen in die Tiefe des pharynx zu sehen, die einzelnen Theile des Kehlkopfes deutlich wahrzunehmen und durch die weit geöffnete Stimmritze bis an die Bifurcation der trachea hinabzublicken (ibid. p. 9).

Die Stimmritze das einzige Organ der Stimmbildung.

140. Die Stimmritze ist der einzige Ort am Kehlkopfe, an welchem die Stimme sich bildet. Bei Krankheiten, Verletzungen der Stimmritzenbänder geht die Stimme ganz oder theilweise verloren. — Hingegen ist Tonerzeugung noch möglich nach Entfernung der Luftröhre durch starkes Einblasen an ausgeschnittenen Kehlköpfen (J. Müller), ebenso nach Verwundungen der Luftröhre, wenn die Oeffnung wieder verschlossen wird, sowie endlich nach sehr starken Verwundungen oberhalb der Stimmritze bei Menschen (Nöggerath) [1]) und bei Thieren (Magendie). [2]) — Es steht daher fest, dass die Erzeugung der Stimme nur in der Stimmritze zu Stande kommt, und dass durch die Luftröhre nur (wie durch die Windlade eines Blasinstrumentes) die Luft zugeleitet wird.

Bedingungen zur Stimmbildung.

141. Da, wie erwähnt, der Ton theils dadurch entsteht, dass eine Luftsäule durch eine enge Oeffnung getrieben wird, theils dadurch, dass zwei elastische Bänder in Schwingungen versetzt werden, so hängt die Stimmbildung von vier wesentlichen Bedingungen ab: 1) dass die Luft mit einer gewissen Kraft gegen die Stimmritze bewegt wird, 2) dass die Stimmritze einen bestimmten Durchmesser nicht überschreitet, 3) dass die Stimmbänder in einer gewissen Spannung sich befinden, und 4) dass ihre Schwingungsfähigkeit nicht behindert ist. — Jedoch sind die Umstände, unter welchen die Tonbildung möglich ist, keineswegs in enge Grenzen eingeschlossen, vielmehr können viele Modificationen noch vorkommen.

1) C. E. Nöggerath, de voce, lingua, respiratione, deglutitione observ. quaedam. Bonn. 1841.

2) Magendie, Lehrb. d. Phys., übers. v. Heusinger, II.

Digitized by Google

1) Stärke der gegen die Stimmbänder gestossenen Luftsäule.

142. ad 1. Obwohl auch beim Einathmen die Stimmbänder in Schwingungen versetzt werden können, so benutzen wir doch hauptsächlich das Ausathmen dazu. Durch Wunden der trachea, welche man bei Thieren macht, geht die Stimme verloren, welche sich aber wieder sogleich einstellt, wenn man die Wunde verschliesst. Cagniard-Latour [1]) hatte Gelegenheit, einen Menschen mit einer Luftröhrenfistel zu beobachten und brachte ein Manometer mit der Luftröhre in Verbindung, an welchem er die Stärke des Druckes messen konnte, dem die Luft in der trachea während verschiedener Tonbildungen ausgesetzt war. Bei dem lauten Rufen des Namens stieg die Wassersäule bis zu 945^{mm}, wenn der Kranke einen mittleren Ton sang 120^{mm}, wenn er hoch sang 200^{mm}. — Bei dem einfachen Exspirationsdruck entsteht hingegen noch kein Ton. Die Luftmenge, welche beim leisesten Tone ausströmt, ist nach Harless [2]) grösser, als bei gewöhnlicher Exspiration.

2) Verengerung der Stimmritze.

143. ad 2. Mayo hat bei einem Menschen, dessen Stimmritze in Folge einer Verwundung blosslag, gesehen, dass sie sich beim Tonangeben linienartig verengerte; ebenso Rudolphi. Bei Thieren hat man das Gleiche wiederholt beobachtet (Magendie), wovon ich mich ebenfalls überzeugt habe. Wenn die Öffnung mehr als $^1/_{12}$—$^1/_{10}$ Zoll beträgt, so entsteht kein Ton mehr (Kempelen). Die Eröffnung betrifft aber hauptsächlich nur die vordere Hälfte der Stimmritze, die man desshalb auch glottis vocalis nennt, während die hintere Hälfte (glottis respiratoria) geschlossen bleiben muss, wenn ein reiner Ton entstehen soll. Dies beobachtete Magendie an Thieren, J. Müller an ausgeschnittenen Kehlköpfen.

3) Spannung der Stimmbänder.

144. ad 3. Durch Veränderung der Spannung der Stimmritzenbänder lassen sich am ausgeschnittenen menschlichen Kehlkopfe nach Müller (p. 192) die Töne ungefähr im Umfange von zwei Octaven verändern, bei stärkerer Spannung entstehen unangenehme, schreiende und pfeifende Töne. — Bei sehr grosser Abspannung, im ganz schlaffen Zustande der Stimmbänder entstehen nur Töne, wenn die Stimmritze sehr verkürzt wird (ibid. p. 188).

4) Schwingungsmodus der Stimmbänder.

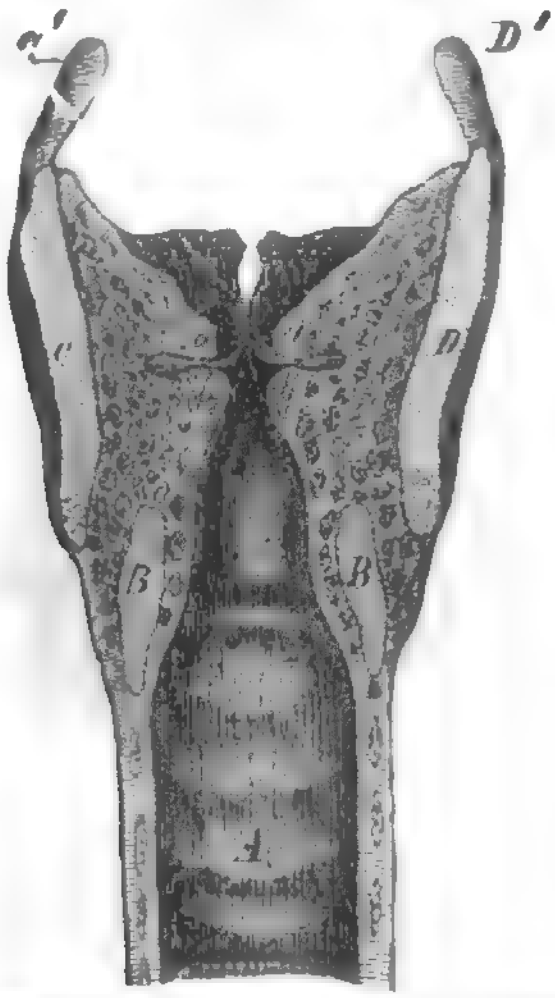
145. ad 4. Von der elastischen Kraft der Stimmbänder hängt die Schwingungsfähigkeit derselben wesentlich ab. Durch den andringenden Luftstrom werden die Stimmbänder zunächst ausgedehnt, in die Höhe gehoben und dadurch gespannt. Der Grad ihrer Spannung hängt von zwei Umständen ab, nämlich der Stärke des Luftstosses und von der Elasticität der Bänder. Der Luftdruck nimmt ab bei der Eröffnung der Stimmritze, während ihre Verengerung

1) Cagniard-Latour in l'Institut 1838.
2) Harless in Wagner's Handwörterb., IV, 528.

Digitized by Google

seinem Eindringen einen Widerstand entgegensetzt. Die Elasticität steht, so lange die elastische Kraft an sich nicht vermindert ist, in genauem Verhältnisse zur Ausdehnung. Wenn also die Stimmbänder aus ihrer natürlichen Lage herausgerückt und mehr von einander entfernt worden sind, so treten sie alsbald wieder zusammen, indem einestheils bei der grössern Öffnung der Stimmritze die Stärke des Luftstosses abnimmt und der Widerstand geringer geworden ist, anderntheils die Elasticität zunimmt. Ist nun die Stimmritze wieder enger geworden, so wird natürlich das Ausströmen der Luft erschwert, ihr Druck wächst, während die Elasticität der noch wenig geöffneten Bänder sich noch nicht offenbart. So wiederholt sich das Spiel zwischen Erweiterung und Verengerung von Neuem. Sobald die Bewegung irgendwie erschwert wird, so ist die Excursion geringer. Daher kommt es, dass bei den meisten Kehlkopfskrankheiten auch die Stimme verändert ist, da die Stimmbänder in der Regel dabei leiden, z. B. anschwellen, oder weil sich Schleim auf ihnen anhäuft u. s. w.

Figur 155.



Frontalschnitt durch Kehlkopf und Trachea. Man sieht den hinteren Theil der Innenwand des Kehlkopfs vor sich.

A. Trachea.
B, *B*. Schnittfläche der cart. cricoidea.
C. Schnittfläche der lam. dextr. cart. thyreoid.; — *C*¹. Cornu superius lam. dextr. cart. thyreoid.
D. Schnittfläche der lam. sinist. cart. thyreoid.; — *D*¹. Cornu sup. lam. sinist. cart. thyreoideae.
aa. Quer durchschnittene ligg. thyreoarytaenoidea superiora s. ventriculorum laryngis.
bb. Quer durchschnittene ligg. thyreoarytaenoidea inferiora s. glottidis s. chordae vocales.
cc. Die seitlichen Ausstülpungen der Kehlkopfschleimhaut: Ventriculi laryngis laterales s. Morgagni dexter und sinist.

Ventriculus Morgagni.

146. Ein anderes Erforderniss für die Thätigkeit der Stimmbänder besteht darin, dass sie frei schwingen können. Dieses wird dadurch möglich, dass oberhalb derselben jederseits eine Einbuchtung besteht, ventriculus Morgagni (s. Fig. 155 a. v. S.).

Schleimige Absonderungen.

147. In der ganzen Schleimhaut sind zahlreiche Schleimdrüsen enthalten, in besonders grosser Menge finden sie sich auch in der Nähe der ventriculi Morgagni und vor den cartilagines arytaenoideae. Durch die von ihnen abgesonderte Flüssigkeit werden die Stimmbänder beständig feucht erhalten, was ein wesentliches Bedürfniss zu ihrer natürlichen Function zu sein scheint.

Mittel zur Erfüllung der Bedingungen zur Stimmbildung.

148. Die Mittel, um diese vier Bedingungen zur Tonbildung zu erfüllen, sind folgende:

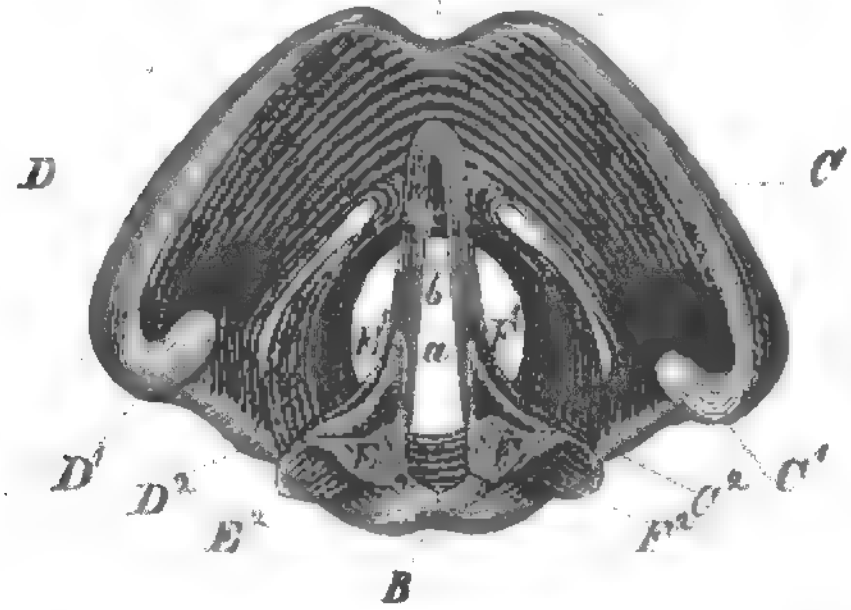
I. Zur Regelung des Luftdruckes dienen wesentlich die Exspirationsmuskeln, welche eine stets verstärkte Energie in Anspruch nehmen. Dies gilt namentlich beim Bilden hoher Töne, in welchen die Spannung der Stimmritzenbänder wächst, weshalb ein stärkerer Widerstand zu überwinden ist. Daher entstehen auch beim Singen hoher Töne die Folgen anhaltender Exspiration (s. p. 122 und 346).

I. Exspirationsbewegung.

149. II. Die Spannungs- und Verengerungsverschiedenheiten in der

II. Bewegungen zur Formveränderung der Stimmbänder.

Figur 156.



Einsicht von oben her in das Cavum laryngis; die Kehlkopfsknorpel sind von allen Muskelursprüngen und Muskelinsertionen befreit und befinden sich in der Stellung zu einander, wie man sie sieht, wenn alle Muskeln im Gleichgewicht sind.

B. Cartilaginis cricoideae lamina; — *B*¹. Cart. cricoideae annulus.
C. Cartilaginis thyreoideae lamina dextra; — *C*¹. Cornu superius; — *C*². Cornu inferius.
D. Cart. thyreoid. lamina sinistra; — *D*¹. Cornu sup.; — *D*². Cornu inferius.
E. Cart. arytaenoid. sinistra; — *E*¹ Proc. vocalis; — *E*². Proc. muscularis.
F. Cart. arytaenoid. dextr.; — *F*¹, Proc. vocalis; — *F*². Proc. muscularis.
G. Incisura thyreoidea superior.
a. Glottis, Stimmritze.
b. Ligg. glottidis dextrum und sinistrum.

Stimmritze und ihren Bändern hängen von den vielfachen Bewegungen ab, welche an dieser Stelle hervorgebracht werden können. Wie

Digitized by Google

bei der Ausführung einer jeden Bewegung kommen auch hier, abgesehen von der durch die Stützpunkte, d. h. die Kehlkopfsknorpel, bestimmten Richtung, dreierlei Umstände in Betracht: erstens die Muskeln, zweitens die Nerven, drittens der Ernährungszustand des Körpers, das Blut.

a) Wirkung der Kehlkopfmuskeln.

150. a) Die Wirkung der Kehlkopfmuskeln kann natürlich nur dann vollständig von Statten gehen, wenn ihre Substanz in gutem Zustande, ihre Fasern nicht verfettet oder atrophisch, wenn die Knorpel, ihre Ansatzpunkte gleichfalls normal sind. Man studirt am Besten die Wirkung an Kehlköpfen von grossen Thieren, welche man möglichst rasch nach dem Tode ausschneidet. Der Kehlkopf von Ochsen oder Kälbern bleibt manchmal $^3/_4$—1 Stunde lang zu Reizversuchen vollkommen brauchbar. An einem solchen, rein präparirten Kehlkopfe, den man bis zur Höhe der Stimmbänder abgeschnitten hat, muss man die einzelnen Muskeln gehörig isoliren und keinen zu starken galvanischen Strom anwenden. Die folgenden Erscheinungen habe ich in der angegebenen Weise beobachtet.

M. cricothyreoidei.

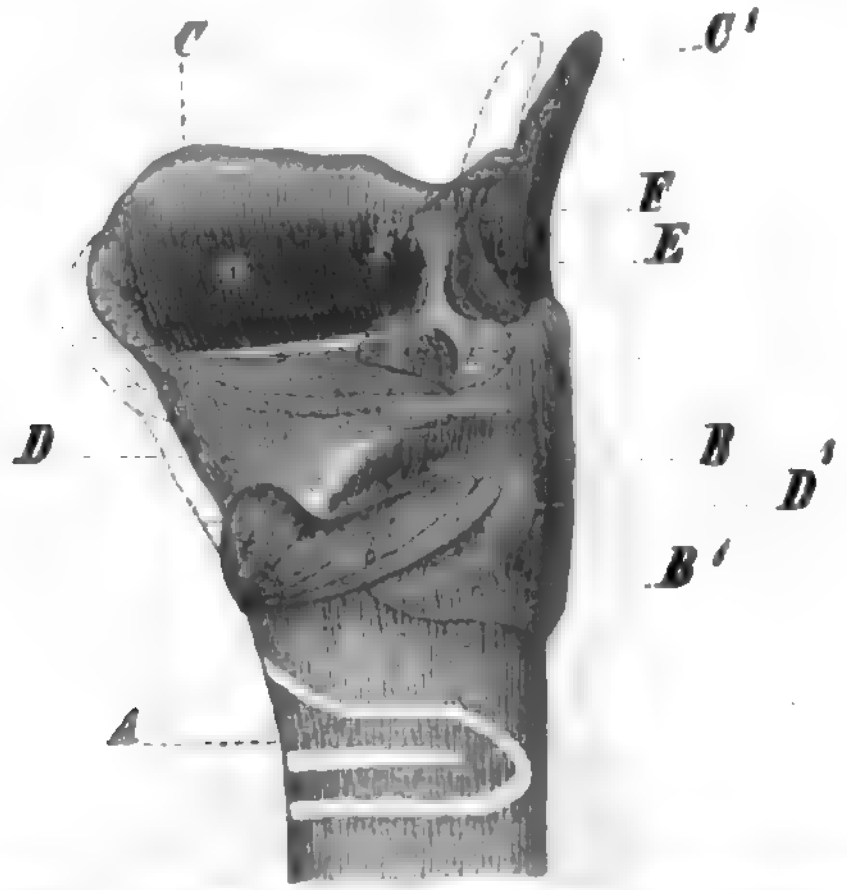
151. Reizung der m. cricothyreoidei (s. Fig. 157 a. f. S.) bewirkt hauptsächlich, dass der Schildknorpel nach unten gezogen wird, aber auch dass sich die Seitenplatten des Kehlkopfes an ihrem obern Theile mehr nach aussen wenden. — Diess lässt sich leicht durch den Verlauf dieses Muskels Fig. 157 $b\,b^1$ erklären. Der Ringknorpel B ist dadurch, dass er mit der Luftröhre A in Verbindung ist, ein minder beweglicher Theil des Kehlkopfs, als der Schildknorpel CD (und die Giessbeckenknorpel EF), weshalb der m. cricothyreoideus $b\,b^1$ gewöhnlich nicht den Ring- gegen den Schildknorpel, sondern diesen gegen jenen zieht. In der Figur ist dies durch punktirte Linien angedeutet. — Die Muskelfasern, welche aus zwei Portionen, einer vordern b und hintern b^1 bestehen, verlaufen vom Ringe des Ringknorpels B^1 nach Oben und rückwärts und erreichen theils den unteren Rand des Schildknorpels, theils die obern $^2/_3$ des absteigenden Horns D^1 dieses Knorpels. Die vordere Portion b läuft mehr steil in die Höhe und setzt sich an den untern Kamm des Schildknorpels an, sie zieht letztern, wenn auf beiden Seiten die Wirkung ausgeübt wird, gerade herab. Wenn man an dem präparirten menschlichen Kehlkopfe den Schildknorpel gegen den Ringknorpel drückt, so sieht man diese Portion am Stärksten sich in Falten legen. Die hintere, grössere Portion b^1, welche zum Theil von jener bedeckt ist und sich nicht nur an die vordere und hintere Fläche des untern Schildknorpelrandes, sondern auch, wie schon erwähnt, an das untere Schildknorpelhorn ansetzt, zieht zwar gleichfalls den Schildknorpel gerade herab, aber nähert zugleich das cornu descendens mehr dem vordern Winkel, wodurch die Wand des Knorpels von dem Innern des Kehl-

Digitized by Google

kopfs mehr abgezogen und somit auch in der Richtung von Aussen nach Innen, also der Breite nach, eine Spannung der Stimmritzenbänder erzeugt wird. — Noch eine eigene kleine Muskelportion geht von der hintern untern Fläche des Ringknorpels zum cornu descendens.

Was mir die Beobachtung der lebendigen Bewegung selbst zeigte, ist schon von Harless [1]) durch genaue Messungen ermittelt worden. Das Gelenk zwischen Ring- und Schildknorpel ist ein einfaches Drehgelenk. Die Grube an der cart. cricoidea ist so flach, dass das un-

Figur 157.



Präparirter Kehlkopf. Ein Schnitt, welcher von der incisura thyreoidea superior vertical abwärts geführt ist und mit einem horizontal durch die lamina sinistra cartilaginis thyreoideae verlaufenden Schnitt zusammentrifft, hat den obern Theil der lam. sinist. cartilag. thyreoideae entfernt.

A. Trachea.
B. Cartilaginis cricoideae lamina; — *B*[1]. annulus.
C. Cartilaginis thyreoideae lamina dextra; — *C*[1]. Cornu superius lam. dext. cart. thyreoid.
D. Cartilaginis thyreoideae lamina sinistra (die obere Hälfte weggeschnitten); *D*[1]. Cornu inf. cart. thyreoid. lam. sin.
E. Cart. arytaenoidea sinistra (von den Muskelansätzen befreit); *E*[1]. Processus vocalis; — *E*[2]. Processus muscularis.
F. Cart. arytaenoidea dextra; — *F*[1]. Proc. vocalis.
a. Glottis. Stimmritze.
b. Vordere Portion; — *b*[1] seitliche Portion des m. crico-thyreoideus.

tere Horn der cart. thyreoidea nur durch ein festes Kapselband an sie angedrückt gehalten werden kann. Dadurch und weil der Ringknorpel zwischen die beiden Platten des Schildknorpels nach Hinten eingekeilt ist, kann eine Bewegung der letztern nur in einer verticalen Ebene, durch welche der Kehlkopf von Vorn nach Hinten in zwei Hälften getheilt wird, vor sich gehen. — Die Drehung geschieht

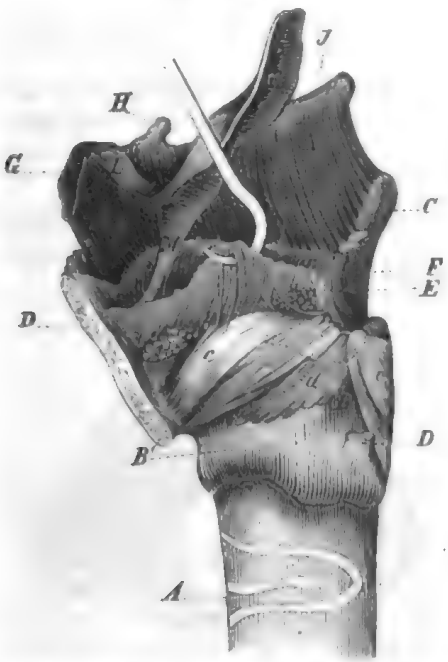
1) Harless in Wagner's Handwörterb., IV, 555 u. 574.

Digitized by Google

aber, wie die Messungen von Harless dargethan haben, nicht nur um eine durch die beiden untern Hörner feststehende Axe, sondern bei der Bewegung des Schildknorpels, bewegen sich auch die kleinen Hörner nach rück- und vorwärts. — Die hintere mehr horizontal verlaufende Portion der m. cricothyreoidei bewegt das kleine Horn und somit den ganzen Schildknorpel in fast gerader Richtung vorwärts (Harless p. 575).

152. Durch dieselben Muskeln kann aber auch umgekehrt die c. cricoidea gegen die c. thyreoidea gezogen werden, wozu aber er-

Figur 158.



Präparirter Kehlkopf. Ein Schnitt hat die lamina sinistra cartilag. thyreoideae von deren cornu inferius getrennt; ein zweiter Schnitt den hinteren und seitlichen Theil der lam. sinist. cart. thyreoid. von ihrem vorderen Theile getrennt.

A. Trachea.
B. Cartilaginis cricoideae lamina; — *B*¹. annulus.
C. Cartilaginis thyreoideae lamina dextra; — *C*¹. Cornu superius lam. dext. cart. thyreoid.
D. Cart. thyreoid. lamina sinistra; — *D*¹. Cornu inferius lam. sin. cart. thyreoid.
E. Cart. arytaenoidea sinistra.
F. Cart. arytaenoidea dextra.
G. Durchschnittenes corpus ossis hyoidei.
H. Cornu minus (dextr. lateris) ossis hyoidei.
I. Cornu majus (dextr. lat.) ossis hyoidei.
K. Epiglottis.
L. Lig. hyo-epiglotticum.
M. Lig. thyreo-epiglotticum.
NN. Membrana thyreo-hyoidea.
c. M. crico-arytaenoideus posticus (sin. lateris).
d. M. crico-arytaenoideus lateralis (sin. lateris).
e. M. thyreo-arytaenoideus (sin. lateris).

Digitized by Google

forderlich ist, dass der Schildknorpel durch besondere Muskeln, nämlich die m. hyothyreoidei, festgestellt wird. In diesem Falle rücken vermittelst des Ringknorpels die Giesbeckenknorpel nach Hinten herab und die Spannung geschieht auf diesem Wege. — Am ausgeschnittenen Kehlkopfe sieht man diesen Vorgang, wenn man den Schildknorpel festhält, sehr schön.

M. thyreo-arytaenoidei.

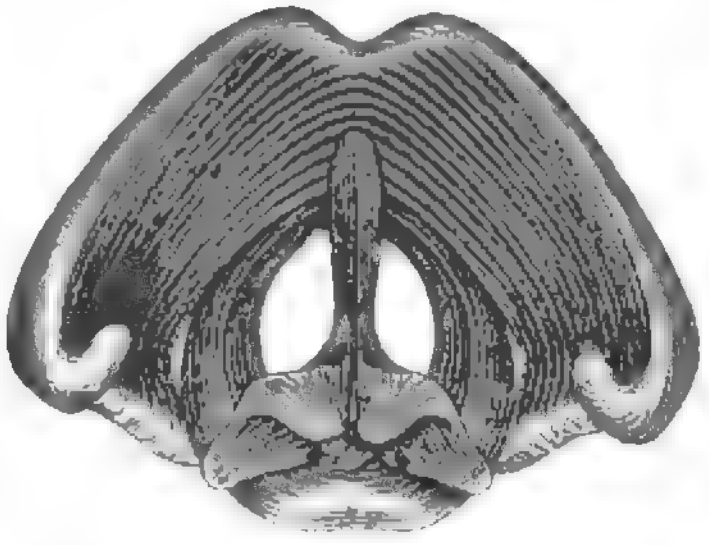
153. Setzt man die Elektroden auf den m. thyreoarytaenoideus superior einer Seite Fig. 158 a. v. S., so verkürzt sich das Stimmritzenband dieser Seite sehr bedeutend, die cartilago arytaenoidea nähert sich der c. thyreoidea, indem jene gerade nach Vorn rückt. — Bei Reizung des m. thyreoarytaenoideus inf. beobachtet man zwar auch die Vorwärtsbewegung der Giessbeckenknorpel, aber zugleich gehen sie nach Innen und Unten.

Da die c. arytaenoideae viel beweglicher sind, als die massigere c. thyreoidea, so wird durch die Zusammenziehung der genannten Muskeln nicht der letztere Knorpel an jene, sondern die Giesbeckenknorpel an den Schildknorpel gezogen.

Bestandtheile der Stimmritzenbänder.

154. Das Stimmritzenband selbst würde, soweit es Band ist, durch die Contraction nicht verkürzt werden. Aber sein grösster Bestandtheil ist ja Muskelmasse, nämlich eben die genannten thyreoarytaenoidei und nur der innere Rand dieses Muskels ist das eigentlich nicht muskulöse, sondern stark elastische Stimmband. Es ist so innig mit dem Muskel verwachsen, dass es nothwendig an seiner Verkürzung Theil nehmen muss.

Figur 159.



Einsicht von Oben her ins cavum laryngis, die cartilagines arytaenoideae, die cart. thyreoideae und die Ligg. glottidis in der Stellung wie man sie bei Reizung der mm. thyreo-arytaenoidei beobachtet.

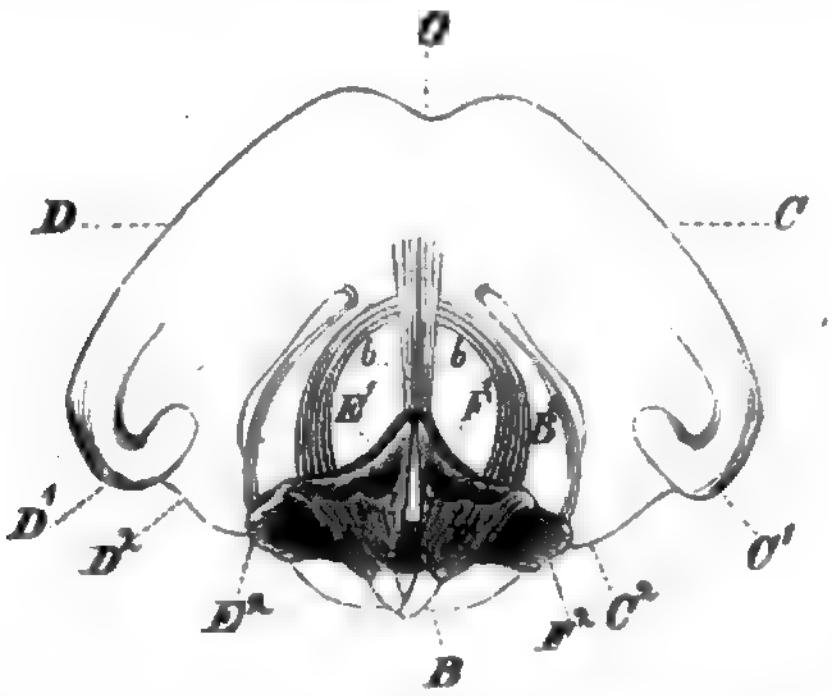
Um wie viel die Muskeln sich verkürzen, nehmen sie an Dicke und Breite zu (p. 555). So ist es auch mit den m. thyreoarytaenoidei und mit dem ganzen Stimmband.

Digitized by Google

155. Bei Reizung der m. cricoarytaenoidei laterales (Fig. 158, p. 583) sieht man die Stimmritzenbänder erschlaffen und kürzer werden, die Giessbeckenknorpel werden an ihrem nach Hinten liegenden Muskelfortsatze nach Aussen, Unten und Vorn gezogen, dadurch wendet sich der proc. vocalis nach Innen gegen den der andern Seite und seine vorderste Spitze sogar ein wenig nach Oben und zugleich nach Vorn. — Somit werden die Stimmbänder etwas verdreht und kommen da, wo sie am proc. vocalis angewachsen sind, so nach Innen zu liegen, dass sie sich berühren. Dieser Muskel trägt also dazu bei, diesen Theil der glottis respiratoria zu schliessen. M. cricoarytaenoidei laterales.

Obwohl also die m. thyreoarytaenoidei und cricoarytaenoidei laterales darin in ihrer Wirkung übereinstimmen, dass sie beide die proc.

Figur 160.



Einsicht von Oben her in das cavum laryngis; die Kehlkopfknorpel sind von allen Muskelursprüngen und Muskelansätzen befreit. Die cartilagines arytaenoideae und die ligg. glottidis in der Stellung, wie man sie bei Reizung der mm. crico-arytaenoidei laterales beobachtet. Die Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie in Fig. 156.

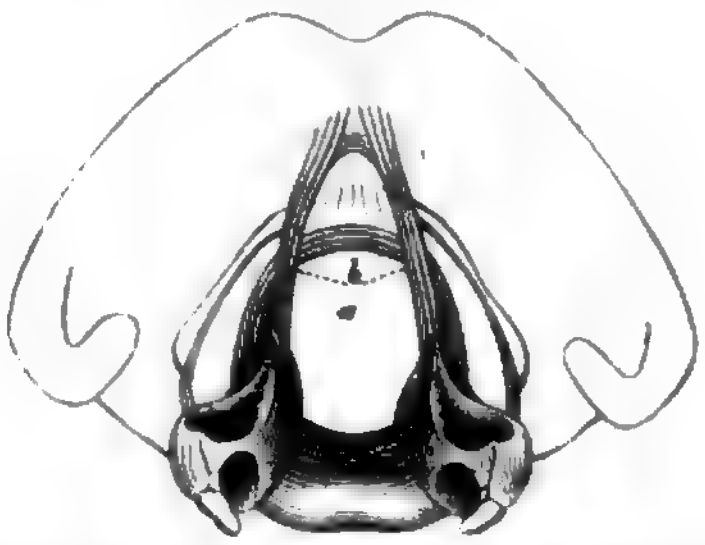
vocales nach Vorn ziehen und die Stimmbänder durch beide verkürzt werden, so findet doch ein wesentlicher Unterschied Statt. Durch die m. thyreoarytaenoidei werden nämlich die Stimmbänder zwar kürzer, aber zugleich gespannt, hingegen wird durch die Annäherung der proc. vocales, welche durch die m. cricoarytaenoidei laterales hervorgebracht wird, der vordere Theil der Stimmbänder ebenso gefaltet, als wenn man an einem todten Kehlkopfe die cart. arytaenoideae gegen die cart. thyreoidea andrückt.

156. Sobald die Electroden den m. cricoarytaenoideus posticus einer Seite berühren, so wendet sich der entsprechende Giessbeckenknorpel nach Aussen und Hinten. Diese Bewegung lässt sich aus dem Faserverlaufe des Muskels (Fig. 158 *c*) leicht deduciren. Man kann jedesmal zwei Portionen, oft auch drei an diesem Muskel unterscheiden. Die obere und innere entspringt von den obern $^2/_3$ des mittlern Kammes M. cricoarytaenoidei postici.

Digitized by Google

der lamina c. cricoideae und läuft schräg nach Aussen und Oben. Sie dreht den vordern Theil des Giessbeckenknorpels (proc. vocalis) nach Hinten, Aussen und Oben. Die darunter liegende grössere Portion entspringt vom untern Rande der lamina, theils vom untern $^1/_3$ des mittlern Kammes, steiler, als die vorige, an deren äussere Seite sie sich anlegt. Sie wirkt besonders auf den hintern Theil des Knor-

Figur 161.



Die cartilagines arytaenoideae der ligg. glottidis in der Stellung, wie man sie bei Reizung der mm. cricoarytaenoidei postici beobachtet.
a. Glottis.
b. Ligg. glottidis dextr. und sinistr.

pels, den sie nach Hinten zieht. — Durch beide Bewegungen wird der Knorpel von der Mittellinie stark entfernt und es ist dieser Muskel daher der wesentlichste Erweiterer der Stimmritze. Die Erweiterung betrifft zwar die ganze Stimmritze, aber am Meisten den hintern Theil. — Die Stimmritze stellt dann eine eiförmige Öffnung dar (Fig. 161).

M. arytaenoidei.

157. Durch Reizung der m. arytaenoidei werden die Stimmritzenbänder an ihrem hintern Theile (glottis respiratoria) genähert und selbst vollständig geschlossen.

Uebersicht der Kehlkopfmuskeln.

158. Somit wird also die Stimmritze

erweitert	durch	m. cricoarytaenoidei postici,
verengt	„	m. arytaenoidei,
gespannt und verlängert	„	cricothyreoidei,
verkürzt und gespannt	„	thyreoarytaenoidei,
verkürzt und abgespannt	„	cricoarytaenoidei laterales.

Veränderungen der Stimmritze nach Beobachtungen durch den Kehlkopfspiegel.

159. Die verschiedenen Veränderungen der Stimmritze [1]) sind besonders in neuerer Zeit durch den Kehlkopfspiegel genau ermittelt worden. Wir geben hier nach Czermak des Zusammenhangs wegen auch diejenigen, welche nicht bei der Stimmerzeugung in Betracht kommen.

1) Man vgl. auch über die Formen der Stimmritze Harless l. c., p. 580.

Digitized by Google

160. Beim ruhigen Athmen steht nach Garcia und Czermak die Stimmritze weit offen und man übersieht ein ziemliches Stück der vordern Trachealwand. Man kann also im eigentlichen Sinne keine besondere glottis respiratoria von der gl. vocalis unterscheiden, weil bei ruhiger Respiration beide eben weit geöffnet sind (durch die m. cricoarytaenoidei postici). — Sobald nun die Stimme ertönen soll, richten sich die Giessbeckenknorpel auf und nähern sich rasch bis zur innigen Berührung, ihre capitula neigen sich unter den Rand der emporragenden epiglottis. Hierdurch springen die wahren Stimmbänder stärker vor. — Bei den höchsten, schrillsten Tönen ist die glottis linienförmig verengt. Beim Athmen und Tonangeben.

161. Wenn wie bei der Bauchpresse (p. 91) die zusammengedrückte Lungenluft die Baucheingeweide comprimiren helfen soll, dann ist die Stimmritze ganz verschlossen. Hierbei beobachtete Czermak Folgendes: 1) die Giessbeckenknorpel lagen fest an einander, die Stimmbänder berührten sich, 2) die falschen oder obern Stimmbänder (lig. thyreoarytaenoidea super.) nähern sich und schmiegen sich bis zum Verschwinden der zwischen den obern und untern Stimmbändern gelegenen Vertiefungen, ventriculi Morgagni, an einander, 3) der Kehldeckel wird mit einem an ihm befindlichen Wulste von Vorn nach Hinten fortschreitend auf die geschlossene glottis fest aufgedrückt, wobei die musc. thyreoepiglottici thätig sind. — Durch diese Vorrichtungen ist es möglich, dass dem beträchtlichen Luftdrucke während des Drängens Widerstand geleistet wird. Bei der Bauchpresse.

162. b) Die Nerven, unter deren Einfluss die Kehlkopfmuskeln die Bewegungen ausführen, sind der n. laryngeus superior und inferior. Von dem ersteren geht der ramus externus zum m. cricothyreoideus, der ramus internus, wie es scheint, zu den m. arytaenoidei; während von dem letzteren (recurrens) alle Muskeln versorgt werden. Man kann kaum einen andern Grund dieser seltsamen Vertheilung der Nerven finden, als dass der n. laryngeus superior mit dem obern sympathischen Halsganglion, der inferior mit dem mittlern und untern in Verbindung stehen, und also von verschiedenen Seiten her sympathische Fasern den Kehlkopfsmuskeln zugeführt werden. — Jedoch ist diese Sache noch in vollständiges Dunkel gehüllt. b) Wirkung der Kehlkopfsnerven bei der Bewegung der Stimmbänder.

163. Gewisse Theile des Centralnervensystems scheinen Einfluss auf Tonbildung zu haben. Jedoch fehlen hierüber zuverlässige Erfahrungen. [1]) — Zuweilen sind die einzigen Erscheinungen von Gehirnerweichungen Verlust der Stimme, s. Andral, Clin. med., V, 454. Auch bei Gemüthsaffecten stellt sich mitunter Stimmlosigkeit ein. — Centralnervensystem.

1) Vgl. Burdach, Bau u. Leben des Gehirns, III, 291. — Nasse in Unters. zur Phys. u. Path., I, p. 249.

Digitized by Google

Bei Rückenmarksleiden, namentlich im obern Theile (accessorius Willisii?) ist dieselbe noch häufiger (Romberg).[1])

c) Einfluss des Bluts auf die Bewegung der Stimmbänder.

164. c) Blut. Einen bedeutenden Einfluss hat, wie auf alle, besonders quergestreifte, Muskeln, so auch auf die Kehlkopfmuskeln und daher auf die Stimmbildung der ungehinderte Zu- und Abfluss des Bluts und die Ernährung. Deshalb spricht sich Körperschwäche und Ermüdung ebenso sehr, vielleicht noch mehr, in der Stimme aus, wie in den Extremitäten.

III. Ein drittes Mittel, um die Bedingungen zur Stimmbildung zu erfüllen, ist das elastische Gewebe der Stimmbänder.

165. III. Die Elasticität der untern Stimmritzenbänder verdankt hauptsächlich den (hier sehr feinen $^1/_{1000}$''') elastischen Fasern ihren Ursprung. Sie sind bei Weitem zahlreicher vertreten, als die Bindegewebefasern. (Umgekehrt ist das Verhalten an den obern Stimmbändern.) Diese elastischen Bänder haben den Vorzug vor elastischen Saiten. Letztere müssen, um in Schwingungen versetzt zu werden, gespannt sein, während am ausgeschnittenen Kehlkopfe, ohne dass die Bänder gespannt werden, doch schon klangvolle Töne hervorgebracht werden können. Jedoch gelingt dies in der Regel nur dann, wenn die Stimmritze dadurch verkürzt wird, dass man mit einer Pincette den hintern Theil (glottis respiratoria) zusammendrückt (Müller). Einen natürlichen Verschluss, wie er künstlich nachgeahmt wird, bringen, wie oben angegeben ist, die m. cricoarytaenoidei laterales hervor.

B. Modificationen der Stimme.

Modificationen der Stimme.

166. Die menschliche Stimme ist zahlreicher Abstufungen fähig, indem sie I. in Höhe und Tiefe, II. in Klang und Stärke verschieden ist und III. gewisse Tonfärbungen hat, bei welchen sich theils unabsichtlich, theils absichtlich Geräusche mit einmischen. Jene kommen bei der Reinheit der Stimme, diese bei der Sprache in Betracht.

I. Höhe und Tiefe der Stimme.

167. I. Die Höhe der Töne hängt von der Zahl der Schwingungen ab, welche in einer Zeiteinheit gemacht werden. Der tiefste Ton, der im menschlichen Kehlkopfe entstehen kann, hat in der Secunde etwa 80 ganze Schwingungen und der höchste 992. — Die Grenze zwischen dem tiefsten und höchsten Tone wird aber von Einem Menschen nicht erreicht. Gute Singstimmen umfassen nicht mehr als 2, zuweilen $2^1/_2$ Octaven, einzelne ausgezeichnete Sänger und Sängerinnen 3 (die Zelter) und sogar die Catalani $3^1/_2$ Octaven.

Einflüsse, welche die Höhe der Töne modificiren.

168. Auf die verschiedene Höhe der Töne sind folgende Umstände von Einfluss: 1) Länge und Spannung der Stimmritzenbänder, 2) die Stärke des Anblasens, 3) das Ansatzrohr, 4) die Stellung des Kehlkopfs und der Luftröhre, 5) der Raum unterhalb der Stimmbänder.

1) Romberg, Nervenkrankh., I, 3, p. 723.

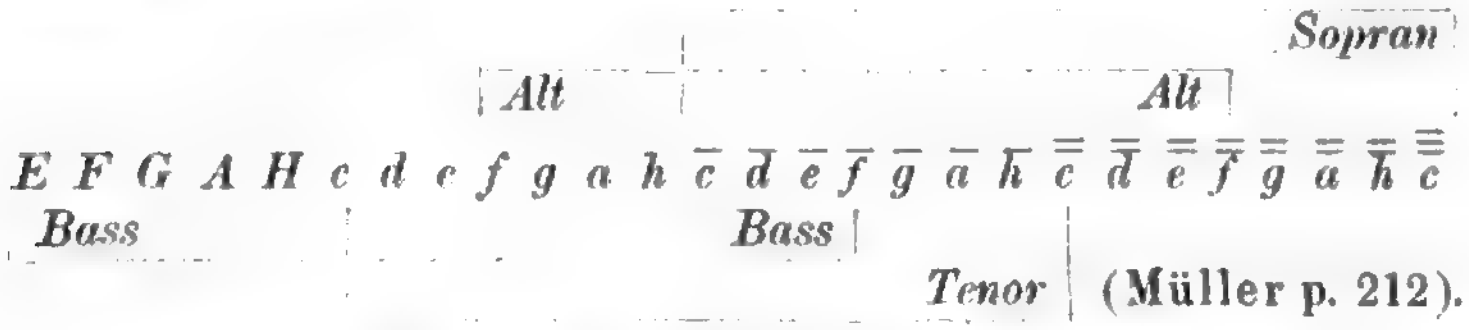
Digitized by Google

169. 1) Die Länge und Spannung der Stimmritzenbänder. Bei einer Vergleichung von Kehlköpfen bei Männern und Weibern nach der Pubertätsperiode fand Müller (l. c. p. 200), dass die weiblichen Stimmbänder im Mittel ungefähr um $^1/_3$ kürzer als die männlichen sind. 1) Länge und Spannung der Stimmritzenbänder, nach den Geschlechtern.

	bei dem Manne	bei dem Weibe
Im Maximum der Spannung	$23^1/_6{}^{mm}$,	$15^2/_3{}^{mm}$;
in der Ruhe	$18^1/_4$ „ ,	$12^2/_3$ „ .

Bei einem elfjährigen Knaben massen sie gespannt 14,5, in der Ruhe 10,5. Die Länge, um welche die Stimmbänder aus ihrer gewöhnlichen Länge durch Spannung vergrössert werden können, beträgt beim Manne etwas weniger als 5^{mm}, beim Weibe 3^{mm}.

Die männlichen und weiblichen Stimmen fangen an verschiedenen Stellen der Tonleiter an und hören auch an verschiedenen Stellen der Tonleiter auf. Versteht man unter *C* das grosse *C* der achtfüssigen offenen oder vierfüssigen gedeckten Orgelpfeife, so beginnen die Männerstimmen bei *E* (Bass) oder A (Baryton) oder *c* (Tenor) und reichen bis *a* und weiter (Bass) oder bis $\bar{f}$ (Baryton) oder bis $\bar{c}$ (Tenor). Die Weiberstimmen, sowie die Knaben- und Castratenstimmen beginnen *f* (Alt) und $\bar{c}$ (Sopran) und reichen bis $\bar{\bar{f}}$ (Alt) oder $\bar{a}$ (Mezzosopran) oder $\bar{c}$ (Sopran), im höchsten Fall bis *f*. Der tiefste Ton der weiblichen Stimme ist also ungefähr eine Octave höher als der tiefste Ton der männlichen, und ebenso der höchste weibliche ungefähr eine Octave höher, als der höchste männliche. Der Umfang der männlichen und weiblichen Stimme zusammengenommen oder die ganze Tonleiter der menschlichen Stimme beträgt vier Octaven, vom grossen *E* des *C* der achtfüssigen offenen bis *e* des *c* der $^1/_2$füssigen offenen Orgelpfeife. Zur Uebersicht folgende Andeutung



(Müller p. 212).

170. Es ist eine bis jetzt physiologisch noch nicht aufgeklärte Erscheinung, weshalb in der Pubertätszeit bei dem männlichen Geschlechte der Kehlkopf überhaupt und die Stimmbänder insbesondere in allen Dimensionen zunehmen. Dass ein Verhältniss zwischen diesem Wachsthume des Kehlkopfs und der weitern Entwicke- Verhältniss der Stimmbänder in der Pubertät.

Digitized by Google

lung der Samenzellen zu Samenfäden stattfindet, ist daraus zu entnehmen, dass bei Menschen, welche frühzeitig castrirt werden, der Kehlkopf weibliche Dimensionen behält. Jedoch ist dasselbe ebenso wenig bekannt, als das zwischen der Entstehung von Samen und Haaren an manchen Körperstellen.

Verkürzung und Verlängerung der Stimmbänder durch Muskelreizung.

171. Wie in dem von Natur kürzeren weiblichen und kindlichen Kehlkopfe die Töne höher sind, als in dem längern männlichen, so entsteht derselbe Erfolg, wenn eine vorübergehende Verlängerung hervorgebracht wird und ebenso wird der Ton durch eine vorübergehende Verkürzung tiefer werden. Eine Verlängerung kann nicht stattfinden, ohne eine gleichzeitige Spannung; hingegen kann eine Verkürzung mit vermehrter und verminderter Spannung in den Stimmbändern erzielt werden. Es können drei Zustände hervorgebracht werden, welche auf die Höhe der Töne von Einfluss sind. 1) Spannung der Bänder mit gleichzeitiger Verlängerung, 2) Spannung der Bänder mit gleichzeitiger Verkürzung, 3) Abspannung der Bänder. Der erste Zustand entsteht hauptsächlich durch die m. cricothyreoidei. Die m. cricoarytaenoidei postici können zwar auch die Stimmbänder spannen, da jedoch diese Muskeln gleichzeitig die glottis erweitern und bei stärkerer Erweiterung die Spannung erst deutlich hervortritt, so scheinen diese Muskeln wenig bei der Stimmbildung durch ihre Spannungsfähigkeit zu wirken. — Den zweiten Zustand bringen die m. thyreoarytaenoidei, den dritten die m. cricoarytaenoidei laterales hervor. — Bei der Verkürzung der Bänder, sie mögen gespannt oder abgespannt sein, kommt noch der Verschluss des hintern intercartilaginösen Theils der Stimmritze (der sogen. glottis respiratoria) sehr in Betracht, welcher durch Drehung der c. arytaenoideae vermittelst der m. cricoarytaenoidei laterales, durch Muskelcontraction vermittelst der m. arytaenoidei zu Stande kommt (s. oben §. 154).

Vergleichung der Stimmbänder mit Saiten.

172. Das Verhältniss der Länge der Stimmbänder zu der Höhe des Tones ist sehr ähnlich demjenigen, welches man bei Saiten kennt. Bei diesen nehmen die Töne oder Schwingungsmengen bei gleicher Länge der Saiten in geradem Verhältnisse zu, wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte. Wird eine Saite z. B. durch 4 Loth Gewicht gespannt und gibt c, so gibt sie bei $4^2 = 16$ Loth Gewicht die Octave von $c = \bar{c}$, bei 64 Loth $\bar{\bar{c}}$.

Müller fand (p. 189), dass die Töne mit zunehmender Spannung der Stimmbänder, nicht ganz, wie Saiten und an zwei Enden gespannte Membranen schwingen, dass sie vielmehr um einige halbe oder ganze Töne unter der nach der Theorie geforderten, durch die Spannung bedingten Höhe zurückbleiben. Es mag zum Theil die nicht ganz gleiche Spannung oder das nicht ganz gleichmässige An-

Digitized by Google

blasen die Ursache sein, indess folgen von Kautschuk verfertigte Zungen dem Gesetze vollständig.

Veränderung der Tonhöhe bei ausgeschnittenem Kehlkopfe.

173. Durch Veränderung der Spannung in gleicher Direction lassen sich die Töne am ausgeschnittenen Kehlkopfe ungefähr im Umfang von zwei Octaven verändern, bei stärkerer Spannung entstehen unangenehme, höhere, pfeifende oder schreiende Töne (Müller p. 192).

174. Sind die Stimmbänder ungleich gespannt, so geben sie in der Regel doch nur einen Ton (Müller p. 187).

2) Stärke des Anblasens.

175. 2) Die Stärke des Anblasens hat nach Ferrein, Liscovius und Müller (p. 200) einen bedeutenden Einfluss auf die Höhe des Tons. Dies ergaben Versuche sowohl an künstlichen membranösen Zungen, wie am ausgeschnittenen Kehlkopfe. Der Ton kann dadurch bis fast zu einer Quinte und mehr in die Höhe getrieben werden. — Man kann also auch bei einer geringern Spannung auf diesem Wege einen höhern Ton hervorbringen.

3) Das Ansatzrohr.

176. 3) Das Ansatzrohr, welches bei künstlichen Zungenwerken oder auch andern Instrumenten an das Mundstück angesetzt wird, verändert die Tonhöhe erheblich. Müller verband mit einem Mundstücke, welches Kautschukzungen hat, ein Ansatzrohr, welches sich allmählich verlängern liess, und fand, dass bis zu einer gewissen Verlängerung der Ton immer tiefer kam. An einer gewissen Grenze sprang er wieder auf den Grundton zurück, verlängerte man nun noch mehr, so fiel er wieder u. s. w. — Eine solche Veränderung konnte jedoch Müller am ausgeschnittenen Kehlkopfe, den er mit Ansatzrohr verband, nicht wahrnehmen. Mit letzterer Beobachtung übereinstimmend gibt Rinne an, dass auch bei Kautschukzungen, wenn dieselben ganz gleichmässig gespannt seien, eine Veränderung der Tonhöhe durch Ansatzröhren nicht zu erzielen sei; dass hingegen in hohem Grade dieselbe erfolge, wenn beide Zungen ungleich gespannt seien.

4) Hebung des Kehlkopfs.

177. 4) Bei hohen Tönen wird der Kehlkopf und die Luftröhre durch die m. hyothyreoidei bei fixirtem Zungenbein herauf gezogen. Da hierdurch auch der Schildknorpel festgestellt ist, so kann die Spannung der Stimmbänder durch die m. cricothyreoidei von hinten aus geschehen, s. o. §. 151. — Umgekehrt wird bei tiefen Tönen der Kehlkopf herabgezogen (m. sternothyreoidei). — Diese Veränderungen in der Stellung des Kehlkopfs sind nach Rinne besonders wegen der Resonanz beachtenswerth. Die Abspannung von Kehlkopf und Luftröhre vertieft nach Rinne deshalb die Töne, weil die Höhe jedesmal abnimmt, wenn die Wandungen des Rohres an Festigkeit verlieren, was durch das Herabziehen geschieht.

5) Raum unterhalb der Stimmbänder.

178. 5) Müller hat die Beobachtung gemacht, dass durch Verengerung des unterhalb der untern Stimmritzenbänder gelegenen

Digitized by Google

trichterförmigen Raumes (s. Fig. 155), der Ton erhöht wird und ist der Ansicht, dass der m. thyreoarytaenoideus in dieser Weise wirke.

179. Hingegen hat die Verengerung der Stimmritze nach Müller's Versuchen keinen wahrnehmbaren Einfluss auf die Tonhöhe. Wenn der Durchmesser so gering ist, dass überhaupt ein Ton entstehen kann, so tritt durch blosse Verengerung kein Unterschied mehr ein.

Klang und Stärke des Tons.

180. II. Der Klang der menschlichen Stimme ist sehr verschiedener Modificationen fähig.

Register der menschlichen Stimme.

181. Bekanntlich enthält die menschliche Stimme zwei Register von Tönen, von denen man das eine Brststimme, das andere Falsetstimme nennt. Lehfeldt und Müller haben gefunden, dass bei grosser Abspannung der Bänder an ausgeschnittenen Kehlköpfen die erzeugten Töne stets der Bruststimme angehören, dass der Falsetton leichter bei schwachem Blasen erfolgt, — dass aber der wesentliche Unterschied beider Register darin besteht, dass bei Falsettönen bloss die feinen Ränder der Stimmbänder, bei den Brusttönen die ganzen Stimmbänder lebhaft und mit grossen Excursionen schwingen.

182. Auf den Klang und die Stärke der Stimme haben verschiedene Vorrichtungen Einfluss: a) durch Herabdrücken des Kehldeckels werden die Töne dumpfer; b) durch Verengerung der Stimmritze wird der Ton klangvoller, auch bei völliger Verschliessung derselben entstehen, und zwar noch leichter, Töne; c) die Töne werden schwächer durch Wegnahme der ventriculi Morgagni, der oberen Stimmbänder und des Kehldeckels; d) dadurch, dass der Kanal des Kehlkopfs in eine gabelig getheilte Röhre (Mund- und Nasenhöhle) übergeht, wird der Ton zwar in seiner Höhe nicht geändert, aber klangvoller (Müller); e) die Resonanz der benachbarten Theile. Die Schwingungen theilen sich den Knorpelwänden des Kehlkopfs mit, auf dessen Form und Ausdehnung daher viel ankommt. Verknöcherung des Kehlkopfs beeinträchtigt den klangvollen Ton.

Reinheit des Tons.

183. III. Die Reinheit des Tons bedeutet sowohl das Freisein von unabsichtlichen schwirrenden Nebengeräuschen, als vom Detoniren. Hingegen werden absichtlich Geräusche erzeugt, ohne dass dadurch die Reinheit des Tones leidet. Wir benutzen diese zur Hervorbringung der Sprachlaute.

Sprache. [1])

Erzeugung der Sprache.

184. Während des Ausathmens können eigenthümliche Töne oder Geräusche hervorgebracht werden, und zwar meistens dadurch, dass

1) Vgl. Kempelen, Mechan. d. menschl. Sprache. Wien 1791. — J. Müller, Phys., II, 229. — Brücke in Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1849, p. 181, u. 1858, p. 63. — Brücke, Grundzüge der Phys. u. System. der Sprachlaute. Wien 1856. — Bruch, Zur Phys. d. Sprache. Basel 1854. — Donders in holl.

Digitized by Google

der Weg für den Durchgang der Exspirationsluft an verschiedenen Stellen willkührlich verengt wird. — So entstehen die meisten Laute, welche die Elemente der Sprache sind. Die Sprache besteht also zum Theil aus blossen Exspirationsgeräuschen, wie dies in der Regel bei den Consonanten der Fall ist, welche wir ohne Zusatz von Vokalen, nicht sowohl aussprechen, als aushauchen; zum Theil aus der lauten Sprache, welche bei den Vokalen in der Regel zum Vorschein kommt. Da jedoch die Vokale auch flüsternd ausgesprochen werden, so kann man ein früher angenommenes Eintheilungsprincip nicht mehr festhalten, nach welchem die Vokale die laute Sprache, die Consonanten die Flüstersprache (vox clandestina) ausmachen.

Stellen, an welchen die Sprachgeräusche entstehen.

185. Die Stellen, welche verengt, resp. verändert werden, um die einzelnen Geräusche zu bilden (nach Bruch Thore), sind 1) zwischen Zungenwurzel und weichem Gaumen; hier kann einestheils der Eintritt der Luft in die Mundhöhle durch senkrechte Richtung des weichen Gaumens und Hebung der Zungenwurzel, anderntheils der Eintritt zu den Choanen durch das Ausbreiten des Gaumens verengt und abgeschlossen werden; 2) die Mundhöhle bis zu den Zähnen; 3) die Mundöffnung.

Die Entstehung des *h*.

186. Es gibt aber ausserdem auch Geräusche, welche ohne Verschliessung dieser Thore, sogar mit offener Stimmritze hervorgebracht werden, also nichts Anderes als Exspirationsgeräusche sind; wie das deutsche *h*. Bei jedem tiefern Ausathmen hören wir dasselbe.

Vokale.

187. Beim Aussprechen der Vokale bemerkt man verschiedene Bewegungen und zwar 1) am Kehlkopfe und Zungenbein. Schon wegen der damit verbundenen Exspiration rückt jedesmal der Kehlkopf dabei in die Höhe, s. p. 82. — Jedoch wird bei *a* der Kehlkopf stärker gegen das Zungenbein hin gehoben, wie man deutlich fühlt, wenn man die Finger zwischen Zungenbein und Kehlkopf legt. — Bei *e* wird zwar auch der Kehlkopf gehoben, dabei aber auch das Zungenbein (mit Zunge). Man erkennt dies, wenn man zwei Finger an das Zungenbein bringt, ohne den Kehlkopf zu berühren. — Auch bei den übrigen Vokalen steigt der Kehlkopf in die Höhe, das Zungenbein steigt bei *i* und *u* nicht nur nach Oben, sondern auch nach Vorn. — 2) Die Zunge bleibt ganz ruhig auf dem Boden der Mundhöhle liegen bei *a*, hebt sich an ihrer Wurzel ein wenig bei *o*, mehr bei *u*, noch mehr bei *e* und am Meisten bei *i*. — Man sieht dies, wenn man diese Vokale bei geöffnetem Munde ausspricht, während eine

---

Beitr. 1857, I, 157. — Helmholtz ebend., p. 354. — Czermak in Sitzungsber. d. Wien. Akad., Bd. XXIV u. XXIX.

Digitized by Google

Federfahne auf der Zunge liegt. 3) Der Raum zwischen Zunge und Gaumen, von Kempelen Mundcanal genannt, wird am Meisten erweitert bei *u*, weniger bei *o*, noch weniger bei *a* und *e*, am Wenigsten bei *i*. Gewöhnlich wird auch die Mundöffnung mehr oder weniger verengt in folgender Ordnung, am Meisten bei *u*, dann bei *o*, *i*, *e*, *a*, doch ist diese Verengerung bei leisem Aussprechen der Vocale nicht absolut erforderlich. 4) Der weiche Gaumen wechselt gleichfalls nach Czermak seine Lage sehr. Dies erkennt man, wenn eine Sonde durch die Nase eingeführt wird. Er steht am Meisten abwärts bei *a*, am Meisten horizontal bei *i*; da er bei *i* zugleich gedehnt ist, so wird hier die hintere Nasenöffnung verengt, das Gegentheil geschieht bei *a*. Wenn Wasser in die Nasenhöhle gebracht wurde, so floss es bei Aussprechen von *i* nicht in den Rachen ab, wohl aber bei *a*.

Geräusche der Vokale.

188. Auf die Erzeugung der Vocale hat die Länge des Ansatzrohres einen bedeutenden Einfluss (Willis, Brücke), aber jeder Vocal hat auch, wie Donders nachgewiesen hat, sein eigenes Geräusch, wie die Consonanten. Helmholtz beobachtete, dass die Vocale sich durch die höhern Nebentöne, welche den Grundton begleiten, unterscheiden, und empfiehlt zur Ermittelung dieser Nebentöne den Vocal kräftig gegen den Resonanzboden eines gut gestimmten Klaviers auf einem der Klaviertöne bei aufgehobenem Dämpfer zu singen; es klingt dann der Vocal deutlich auf der Seite nach.

Diphthonge.

189. Um die Diphthonge auszusprechen, verbindet man die Bewegungen der beiden Vocale. Wenn man z. B. *äi* ausspricht, wird rasch hinter einander erst die Zunge auf den Boden der Mundhöhle gelegt, dann gehoben u. s. w.

Consonanten.

190. Die Consonanten zerfallen in die continuae und explosivae. Zur Hervorbringung der letzteren sind zwei verschiedene Bewegungen, um die continuae auszusprechen, ist nur eine Bewegung erforderlich; so müssen z. B. bei *b*, die Lippen zuerst geschlossen und dann beim Durchgange des Hauches geöffnet werden; um hingegen *f* auszusprechen, ist nur ein Bewegungsmodus erforderlich.

Continuae.

191. Die continuae sind Hauche, welche a) ungehindert durch den Mundcanal durchgehen, bei *h*, b) bei verschlossenem Munde durch die Nase durchgehen, bei *m* und *n*, c) in ihrem Durchgange gehindert werden durch die wie zum Blasen verengten Lippen bei *f*, *w*, durch die am Gaumen hinten anliegende Zunge bei *ch*, und mit Vibration bei *r*, durch die vorn anliegende Zunge bei *l* und *sch*, durch die Annäherung der Zähne bei *s*.

Explosivae.

192. Bei den explosivis *g* und *k* legt sich im ersten Momente der Zungenrücken an den Gaumen, und im zweiten erfolgt die Öffnung. Bei *d* und *t* legt sich die Zunge an die obere Zahnreihe oder

Digitized by Google

den vorderen Gaumen. Bei *b* und *p* wird der Mund durch die Lippe geschlossen.

193. Man nennt *b*, *d*, *g* explosivae simplices, *p*, *t*, *k* explosivae aspiratae.

B. Nervenphysiologie.

194. Die Erscheinungen, welche sich im Nervensystem kund geben, lassen sich auf zwei wesentliche Functionen zurückführen, auf die Fähigkeit desselben, von gewissen Einflüssen affizirt zu werden und zweitens auf die Fähigkeit, dagegen zu reagiren. I. Erregbarkeit, und II. Reaction. — Wenn z. B. die Hautnerven verwundet werden und es entsteht Schmerz, so müssen wir dabei zweierlei unterscheiden, erstens die Veränderung, welche in den lebenden Nerven in Folge der Verletzung hervorgebracht wird und zweitens das Gefühl des Schmerzes. Dass eine solche Trennung wirklich vorhanden ist, zeigt die Erfahrung. Der im Zweikampf Begriffene fühlt oft keine Spur von Schmerz, obgleich durch eine bedeutende Wunde eine Menge von Hautnerven verletzt ist. Das Gefühl tritt vielleicht erst wieder ein, wenn die psychische Aufregung, in der er sich befunden hat, verschwunden ist. Die Veränderung in den Nerven in Folge der Verwundung hat gewiss nicht gefehlt, der Nerv des durchaus gesunden Individuums ist erregbar gewesen, aber die Reaction, das Schmerzgefühl trat nicht ein. Allgemeines.

Dasselbe Verhältniss beobachtet man an den Sinnesnerven und überhaupt im ganzen Bereiche des Nervensystems, wie es sich auch im ganzen psychischen Leben wiederholt. Wenn die Nervenhaut des Auges von den Lichtstrahlen berührt wird, welche von einem beleuchteten Gegenstande ausgehen, so sehen wir doch nicht eher, als bis wir unsere Aufmerksamkeit erst darauf gerichtet haben u. s. w.

195. Die Aufgabe der Nervenphysiologie ist es, 1) die Einwirkungen kennen zu lernen, welche die einzelnen Nerven zu erregen im Stande sind (Nervenreize); 2) den Vorgang der Erregung selbst, d. h. diejenigen Veränderungen in den feinsten Nerventheilchen, welche mit den Einwirkungen Hand in Hand gehen; 3) die Reaction gegen die Erregung, namentlich unter welchen Formen und Bedingungen dieselbe auftritt; 4) den Nervenzustand, welcher während der Reaction vorhanden ist. Aufgabe.

196. Am Wenigsten bekannt sind die Molekularzustände in den Nerven, welche sowohl durch die Nervenreize als auch durch die Reactionen in Folge der Reize entstehen. Es sind zwar neuerdings einige hypothetische Anschauungen aufgestellt worden, die jedoch

Digitized by Google

noch nicht genug das Gepräge wissenschaftlicher Berechtigung an sich tragen.

Reactionen. 197. Die Reactionen, welche durch Nervenerregungen hervorgerufen werden, sind 1) psychische Erscheinungen, z. B. die Wahrnehmung eines Bildes, welches die Netzhaut des Auges affizirt hat. 2) Gefühl und Empfindung. Diese unterscheidet man dadurch von einander, dass durch das Gefühl ein Zustand des eigenen Körpers, z. B. Hunger, Durst, Schmerz, durch die Empfindung dagegen Eigenschaften eines der Aussenwelt angehörigen Körpers, z. B. die Farben, erkannt werden. Indess ist der Unterschied in Wirklichkeit nur ein scheinbarer, indem in beiden Fällen immer nur Zustände unseres eigenen Körpers aufgenommen werden. Durch Reflexionen werden wir aber dazu geführt, die Objecte, welche wir empfinden, als solche anzusehen, welche ausser uns liegen. 3) Muskelbewegung, welche man wegen des Einflusses auf die Blutcirkulation noch gesondert betrachten muss: 4) die Gefässmuskelbewegung. 5) Noch dunkel ist es, in wie weit auch Reactionen im Gebiete des Zellenlebens vorkommen. Wenn es auch keinem Zweifel unterworfen ist, dass das Nervensystem auf die Ernährung einwirkt, so kann man noch nicht mit aller Bestimmtheit sagen, ob dieser Einfluss sich noch weiter, als auf die Muskelbewegung und die Blutcirkulation erstreckt, von dem dann wieder die Ernährungserscheinungen ausgehen. Einige Beobachtungen machen jedoch einen directen Zusammenhang zwischen Nervensystem und Zellenleben wahrscheinlich. 6) Ebenso fehlen noch sichere Thatsachen über die nähern Beziehungen zwischen dem Nervensystem und Elektricität, sowie zwischen dem Nervensystem und Wärmeerzeugung.

198. Die Reactionen, welche durch Einwirkungen auf das Nervensystem entstehen, sind keineswegs immer auf directem Wege entstanden, sondern sehr häufig auf indirectem. So wird die Zusammenziehung eines Muskels zwar zuletzt durch die Erregung der in demselben verbreiteten Nerven hervorgebracht, aber dieser Nerv braucht nicht unmittelbar mit dem Einflusse in Verbindung gekommen zu sein, welcher der Bewegung zu Grunde liegt. Vielmehr kann die Erregung des einen Nerven auf einen andern sich übertragen. Man kann diese Art der Erregung eine inducirte nennen; und es braucht dieselbe nicht einmal bloss von einem Nerven auf den andern überzugehen, sondern es können sogar noch mehr Nervenpartien in den Bereich gezogen werden. So kann z. B. ein Bild der Netzhaut zunächst die Wahrnehmung des Bildes veranlassen; durch diese können aber Gemüthsaffecte erzeugt werden, wie Schreck, welche wieder von Neuem Nervenerregung zur Folge haben, und dadurch etwa ein Gefühl von Kälte im Rücken, sowie Zittern und andere Muskelcon-

Digitized by Google

tractionen. — Wir sehen also hier im Nervenleben Mittheilungen oder Wirkungen auf benachbarte Theilchen, wie sie auch bei vielen physikalischen Phänomenen, besonders bei elektrischen Strömungen, sehr gewöhnlich sind. Man weiss z. B. aus der Elektricitätslehre, dass ein galvanischer Strom sowohl in demselben, als in einem in der Nähe befindlichen Drahte einen andern Strom zweiter, dritter, vierter u. s. w. Ordnung hervorzurufen im Stande ist.

Durch solche Umstände wird es oft sehr schwierig, die ganze Kette von Erregungen zu verfolgen, um eine in die Erscheinung tretende Reaction zu analysiren. Dazu kommt, dass auch durch das Blut und seine Bestandtheile noch erregende Mittel an die verschiedensten Theile des Nervensystems gebracht werden können. Daher ist es nicht zu verwundern, wenn im normalen Leben, wie in Krankheiten, Erscheinungen vorkommen, von denen es wahrscheinlich und selbst gewiss ist, dass sie vom Nervensystem bedingt sind, ohne dass man deren erregende Ursachen aufzuklären vermag.

I. Erregbarkeit.

199. Es gehört ein gewisser Zustand der Nerven dazu, damit dieselben überhaupt fähig sind, erregt zu werden; eine bestimmte anatomische, chemische, physikalische Beschaffenheit, und ausserdem ist die Erregbarkeit an organische Bedingungen geknüpft.

Wenn aber diese ersten Erfordernisse auch erfüllt sind, so tritt der Nerv aus dem Zustande der Erregbarkeit nicht eher in den der Erregung, d. h. in Activität, bis erst erregende Einwirkungen, Reize, mit demselben in Verbindung gebracht worden sind.

Die Modalitäten, welche der erregte Zustand offenbart, sind zahlreicher Art; sie können erst erörtert werden, wenn jene beiden Punkte zuvor behandelt worden sind. — Hiernach zerfällt der Abschnitt über die Nervenerregbarkeit in drei Abtheilungen: A. Bedingungen der Erregbarkeit: 1) anatomische, 2) chemische, 3) physikalische Beschaffenheit der Nerven, 4) organische Bedingungen. B. Nervenreize. C. Modalitäten der Erregbarkeit.

A. Bedingungen der Erregbarkeit.

1) Anatomische Beschaffenheit der Nerven.

Mikroskopische Beschaffenheit der Nerven. 200—213.

200. Im ganzen Bereiche des Nervensystems (Gehirn, Rückenmark, Nerven) findet man als wesentliche mikroskopische Elemente: 1) Fasern, 2) Zellen, 3) Körner.

a) Fasern. 201—207.

201. Bei der Untersuchung von Nerven, namentlich des Gehirns und Rückenmarks, erscheinen Gefässe in grosser Zahl, die man auch,

Digitized by Google

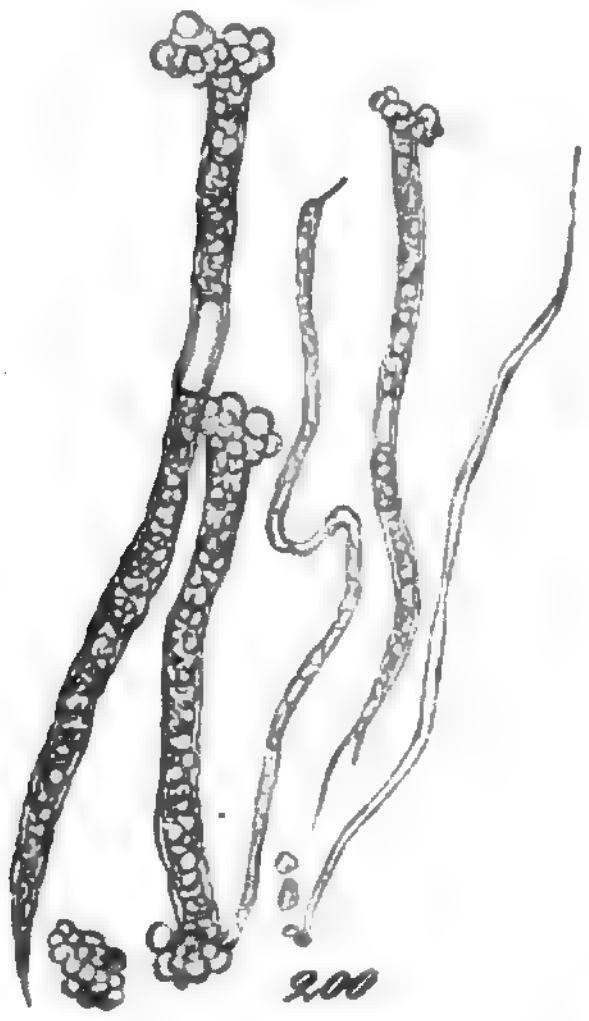
wenn sie zu den kleinsten gehören, nicht mit den Nervenfasern verwechseln kann, da die Gefässe entweder leer sind und dann sich als hohle Röhren zeigen oder Blutkörperchen enthalten und eine gelbliche Farbe haben, mit einander anastomosiren und breiter als die Nervenfasern sind. — Die Nerven werden vom Bindegewebe umhüllt, dessen schmale und helle Fasern gar keine Röhren bilden, also keinen Inhalt zeigen. — Die Nervenfasern hingegen stellen Röhren dar, an denen Hülle und Inhalt sich unterscheiden lassen. Wie überall in der Natur gibt es verschiedene Übergangsstufen. Indem man auf der einen Seite Fasern findet, an denen sich eine Hülle mit unsern gebräuchlichen Hülfsmitteln nicht darstellen lässt, gibt es auf der andern Seite wieder Fasern, an denen die Hülle eine solche Ausdehnung gewonnen hat, dass es schwer hält, einen Inhalt zu erkennen, und zwischen diesen Extremen stehen die Fasern, welche den grössten Theil der Nerven ausmachen, an denen Hülle und Inhalt deutlich erkennbar sind.

202. Man unterscheidet daher verschiedene Formen von Nervenfasern, nämlich: a) breite peripherische markhaltige, b) schmale peripherische marklose, c) hüllenlose Fasern, d) Remak'sche oder Hüllenfasern, e) centrale Fasern.

203. Breite peripherische markhaltige Primitivnervenfasern. Zu ihrer Prüfung zerfasere man einen frischen Muskel- oder Hautnerv, mit Zusatz von einem Tropfen Serum. Sie erscheinen als Röhren mit dunklen Rändern, $^1/_{130}$ bis $^1/_{400}$‴ breit. Entweder sind die Ränder einfach und gerade, wie in Fig. 164, I, oder (und dies ist bei den meisten Primitivfasern dieser Art der Fall) dieselben haben doppelte Conturen, Fig. 162. Bei jener ist der Röhreninhalt noch nicht geronnen, desshalb ist die Faser gleichmässig durchsichtig und schillernd. Bei diesen hingegen ist er bereits geronnen und es zeigt sich eine Menge von grösseren und kleineren Körnern und allerlei Formen, theils in der Mitte der Röhre, theils am innern Rande. Indem er sich an den Rand anlegt, entstehen die doppelten Contouren (s. Fig. 162). Die Gerinnung kommt bei einer Anzahl von Nerven kaum oder gar nicht, bei andern und zwar den meisten rasch zu Stande. Man kann dieselbe begünstigen, wenn man einen Tropfen Wasser oder Urin zu dem Präparat bringt oder es kocht. — Die Mitte einer Nervenröhre, in welcher das Mark nicht geronnen ist, hat ein etwas graueres und helleres Ansehen, als die Ränder. Dort erblickt man in der Röhrenaxe einen Streifen hindurch gehen, der gewöhnlich wie ein unbegrenzter Schatten, zuweilen als ganz deutlicher Faden erscheint, s. Fig. 163. 164, II, selten sogar bei stärkern Vergrösserungen ganz verdeckt ist. Man nennt ihn Primitiv-

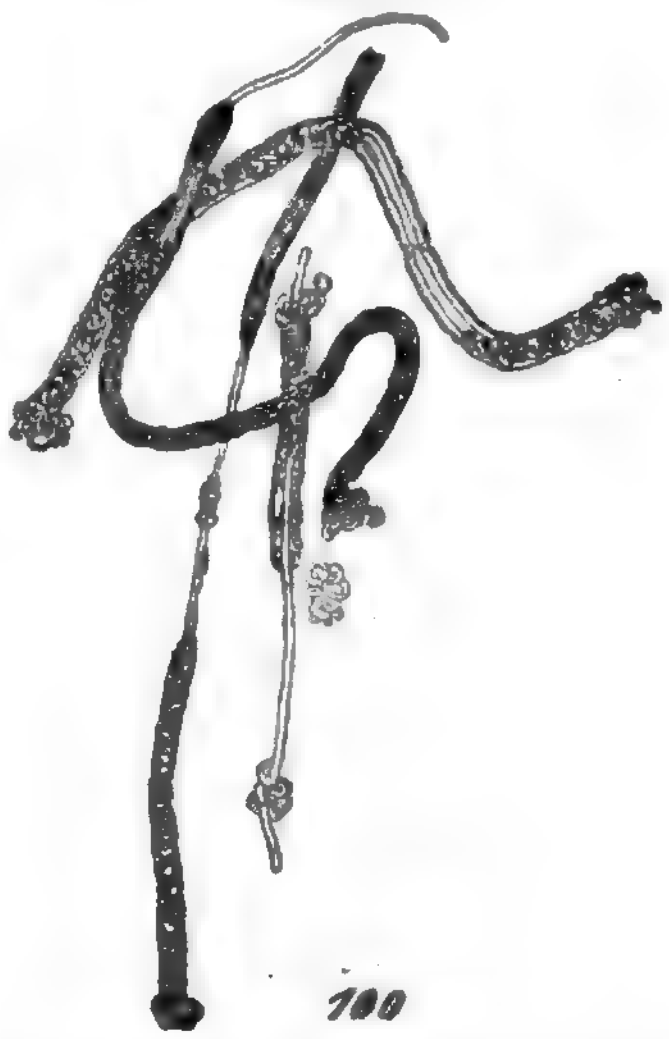
band (Remak) [1]) oder Primitivschlauch oder Axencylinder, Axenfaser (Rosenthal und Purkinje). Um diesen Streifen deutlicher zu erkennen, hat man verschiedene Mittel angewandt. Man lege eine Zeit lang einen Nerven in Äther, durch welchen ein grosser Theil des fetthaltigen Inhalts gelöst wird und der Axencylinder in der präparirten Faser mehr hervortritt, Fig. 164, III, oder man koche einen Nerven mit Alkohol, wodurch auch das Fett heraustritt, der übrige Inhalt in körnigen, dichten Massen die Röhre ausfüllt. Da der Inhalt zusammenschrumpft, so steht nicht selten der Axen-

Figur 162.



Aus einem n. intercostalis vom Kaninchen, drei deutlich breite, markhaltige doppeltcontourirte Nervenfasern, eine marklose, eine schmale markhaltige.

Figur 163.



Nervenfasern aus dem n. ischiadicus des Kaninchens. An einzelnen Stellen ist der Axencylinder ganz von der Markscheide entblösst; an einer Faser hängt er weit heraus. Das krümlige Mark ist am obern Ende der Fasern herausgequollen.

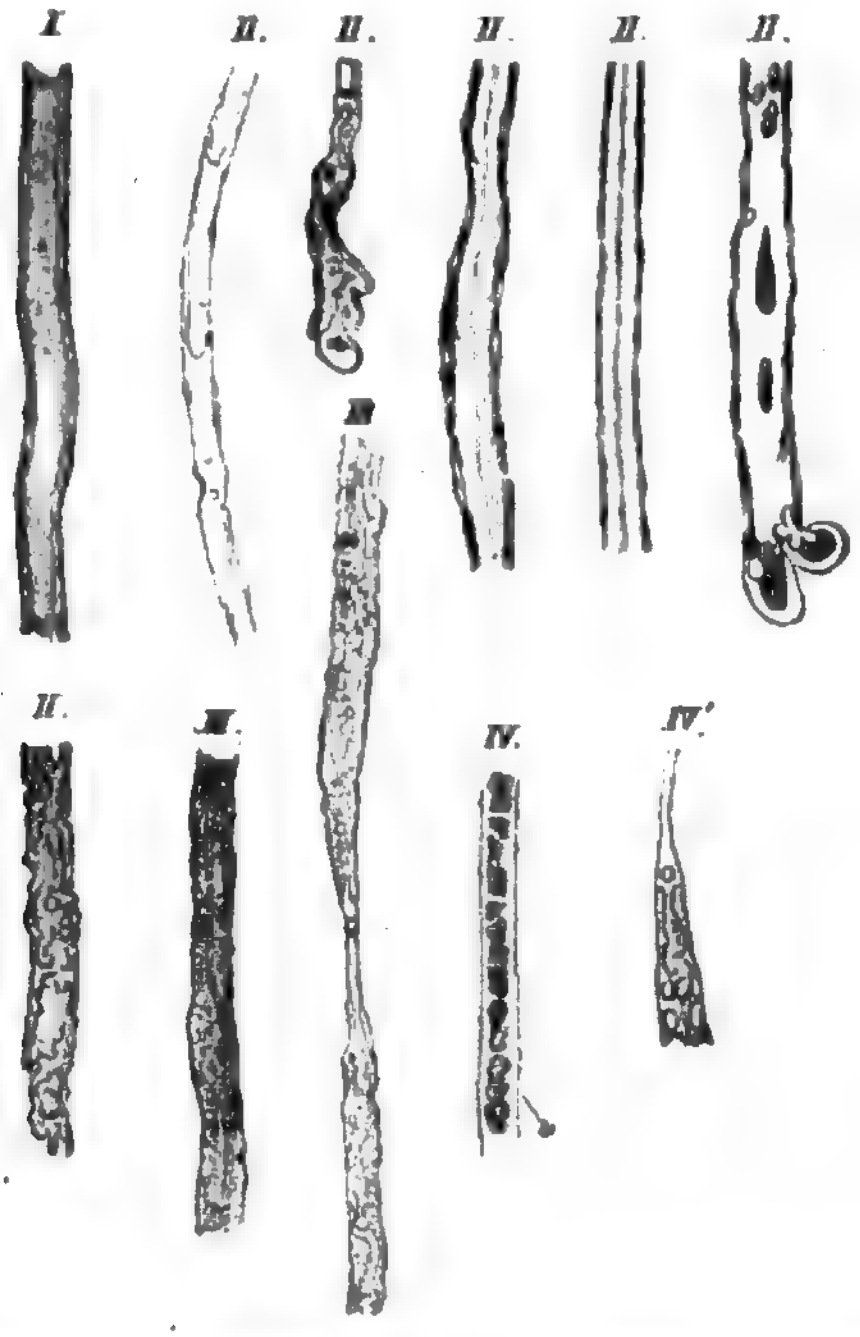
cylinder aus der Faser heraus (Fig. 163). Um den Axencylinder deutlicher zu machen, sind ferner acetum glaciale, Glycerin, Chromsäure, Sublimat, Gallussäure empfohlen, mit welchen Mitteln man die Nerven

---

1) Remak, observ. anat. et microsc. de syst. nerv. struct. Berol. 1838. Derselbe über den Bau der Nervenfasern in Ber. der Naturforschervers. in Wiesb. 1853, p. 182. — Nach Remak ist der Axencylinder ein hohler Schlauch mit längsgestreifter Wand. — Nach Stilling's anat. u. mikr. Unters. über den Bau der Nervenprimitivfaser u. der Nervenzelle (Frkft. a. M. 1856) besteht der Axencylinder aus drei concentrischen Schichten, von denen sogen. Elementarröhrchen ausgehen, aus denen auch die Nervenscheide bestehen soll.

behandelt. — Wird ein Nerv mit nicht starker Essigsäure gekocht, so wird man häufig mit blossen Augen bemerken, dass er dadurch ein rosenkranzförmiges Ansehen gewinnt, indem an einzelnen Stellen der Inhalt sich anhäuft und dazwischen das Neurilem leer ist. Selbst an den Primitivfasern sieht man unter dem Mikroskope hin und wieder Stellen, welche von Mark erfüllt sind und in markleere über-

Figur 164.



Nervenprimitivfasern, 300 mal vergrössert. In *I* ist der Anfang der Gerinnung des Inhalts; *II* zeigt sechs verschiedene Formen von Gerinnung, mit doppelten Contouren und dem Axencylinder in der Mitte; *III* Nerven in Äther gekocht, um den Axencylinder deutlicher zu sehen; *IV* Nerven in Essigsaure gekocht, um die Hülle *a* deutlich zu sehen. Bei *IV'* eine Stelle durch den Inhalt ausgedehnt, eine andere leer.

gehen; an andern ist die Anordnung des Marks wie in Fig. 164, IV. Es ergibt sich hieraus, dass die Nervenprimitivfasern noch mit einer Scheide umgeben sind. Dieselbe ist glashell, structurlos, zuweilen mit Kernen versehen. Behandelt man die Nerven mit natron causticum, so bleibt mitunter die leere Scheide zurück. — Es gehören also zu dieser Art von Nervenfasern: a) das Mark, b) der Axencylinder, c) die Hülle. — Einen grossen Theil des Marks bildet Fett,

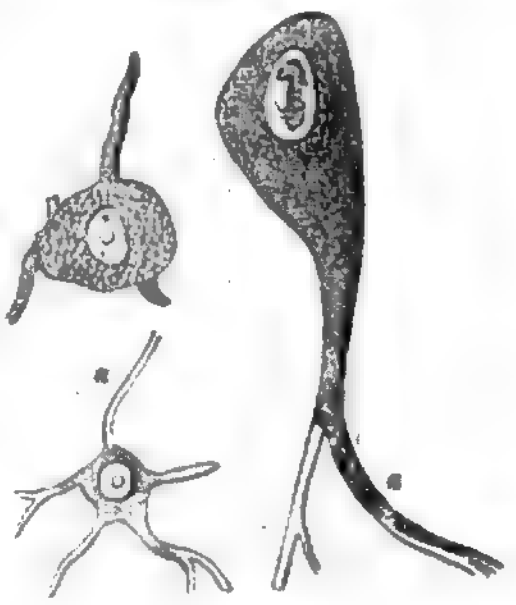
Digitized by Google

welches man, ohne die Form der Nerven zu alteriren, ausziehen kann, wenn man einen Nerven mehre Tage in einem verkorkten Gläschen mit Äther in Verbindung lässt. Giesst man dann den fetthaltigen Äther auf ein Glasplättchen, so erkennt man unter dem Mikroskope die Fettbläschen. Die so behandelten Nervenfasern sind nicht inhaltlos. Der körnige blasse Inhalt ist wahrscheinlich eine eiweissartige Substanz. — Durch Kochen mit liqu. kali caustici werden die Scheide der Primitivfasern, der Axencylinder und wahrscheinlich auch der eiweissartige Inhalt aufgelöst; daher zerfallen die Nerven und die übrigbleibenden, die Flüssigkeit trübenden Stückchen bestehen grösstentheils aus aneinanderhängendem Fett und verlieren sich theilweise. Es bleibt jedoch immer noch eine Trübung zurück, welche von einer Substanz herrühren muss, die weder durch Kali noch Äther gelöst wird. — Der Axencylinder scheint vollkommen solid zu sein und aus sehr feinen Fasern zu bestehen, was man mitunter deutlich an Präparaten sieht, welche mit Sublimatlösung behandelt wurden. — Die Hülle ist ganz structurlos, hell und durchsichtig, an den feinern Nervenausbreitungen mit Kernen besetzt (nach Robin périneure genannt).

204. Schmale peripherische Primitivnervenfasern. Man erkennt an ihnen nur den Axencylinder und die Scheide, nicht aber das Mark, und also auch nicht die durch dessen Gerinnung entstehenden doppelten Contouren. Die meisten sind schmäler, als die oben genannten, doch wechseln sie zwischen $^1/_{250}$—$^1/_{600}$‴. Ob alles Mark in ihnen fehlt, oder bloss das Fett, ist nicht leicht zu entscheiden. Man bemerkt öfters in ihnen wenig körnige Masse, s. Fig. 162.

205. Hüllenlose Primitivnervenfasern. Den eben genannten Fasern zunächst stehen diejenigen durch ihre Blässe ausgezeichneten, an welchen man keine Scheide bemerken kann, und die nichts anderes zu sein scheinen, als Axencylinder. Inzwischen darf diese namentlich von R. Wagner aufgestellte Ansicht doch bis jetzt nur als wahrscheinliche Hypothese aufgefasst werden und es ist nicht vollkommen entschieden, ob nicht auch diese mit feinen Hüllen versehen sind, so dass sie den marklosen gleich kommen. — Wenn die aus den Ganglienkugeln hervorkommenden Fasern nur Axencylinder sind, so kann man folgerecht die Ganglienzelle selbst auch als eine Anschwellung des Axencylinders, und beide als

Figur 165.



Ganglienkugeln mit hüllenlosen Nervenfasern.

Digitized by Google

hüllenlos betrachten, wie auch Bidder und M. Schultze annehmen.

206. Hüllenfasern oder Remak'sche Primitivnervenfasern [1]) (auch gelatinöse oder gangliöse Fasern genannt). Diese Fasern finden sich hauptsächlich in denjenigen Nerven, welche sich durch ihre mehr oder weniger graue Farbe auszeichnen. Es gehören dahin die n. carotici aus den obern Halsganglien des n. sympathicus, die Nerven des plexus cardiacus, sowie die Nerven der die Arterien der Unterleibs-

Figur 166.

Remak'sche Fasern aus dem plexus coeliacus, an ihren Kernen erkenntlich, dabei Ganglienkugeln und marklose Nervenfasern.

organe begleitenden plexus coeliacus, mesentericus u. s. w. Besonders leicht aufzufinden sind diese Nervenfasern am plexus linealis, welcher auf und neben der Milzarterie sich verbreitet. Zerfasert man einen solchen Nerven, so finden sich neben wenigen Nervenfasern, welche zu den markhaltigen und marklosen gehören, reichlich platte, blasse Fasern, welche nach Kölliker $^1/_{666}$—$^1/_{400}$''' breit sind und durch

1) Vgl. Remak, obs. anat. et microsc. de nerv. syst. struct. Berol. 1838. — Valentin in Müller's Archiv 1839, p. 139.

Digitized by Google

ihre überaus grosse Menge von meist spindelförmigen Kernen sich auszeichnen. Diese Bildung macht diese Fasern dem Bindegewebe sehr ähnlich und man sah sie auch früher ziemlich allgemein für solches an, wozu nicht nur ihr Bau, sondern auch der Umstand veranlasste, dass sie bei manchen Thieren, z. B. den Amphibien fast gar nicht vorkommen. — Dazu kommt, dass zwischen den Hüllen, welche die Ganglienkugeln umgeben, gleichfalls solche kernhaltige Fasern sich zeigen, welche eine unverkennbare Aehnlichkeit in ihrem Bau mit den gangliösen Fasern haben und doch wahrscheinlich nicht Nervenfunctionen zeigen. — Auf der andern Seite finden sich diese Fasern in den grauen Nerven in so grosser Menge, dass man ihre grosse Beziehung zum Nervensysteme kaum in Abrede stellen kann. Nach Remak's neuern Untersuchungen enthalten diese Fasern in ihrem Innern Axencylinder, welche sich mitunter verästeln und an den Verästelungswinkeln zellenartige Körner zeigen, die Remak gangliöse Körner nennt. Die Axencylinder sind nun nach Remak mit zarten, kernhaltigen Hüllen umgeben. — Jedenfalls scheint es, dass die Hülle mit ihren Kernen eine besondere, bis jetzt noch unbekannte physiologische Bedeutung hat, und da sie sich so sehr von den Hüllen der andern Nerven auszeichnet, so mag es gerechtfertigt erscheinen, diese Fasern „Hüllenfasern" zu nennen. Ob dieselben überall Axencylinder enthalten, darüber fehlt es noch, wie ich glaube, an ausreichenden Erfahrungen. Wahrscheinlich ist es, dass dies nicht überall der Fall ist, dass vielmehr, wie namentlich um die Ganglien herum die Hüllen, welche von der Natur des Bindegewebes sind, durch die ihnen eigenthümliche, unbekannte (vielleicht isolirende) Function wirken.

207. Centrale Primitivnervenfasern.[1]) Sie scheinen, wie die peripherischen, in mehre Unterabtheilungen zu zerfallen, indem man wohl markhaltige, marklose und hüllenlose (?) unterscheiden kann. Sie sind meistens feiner, als die entsprechenden in der Peripherie, ungefähr zwischen $^1/_{400}$ und $^1/_{1000}$‴ breit und zeichnen sich besonders durch ihre Neigung, varicös zu werden, aus. Diese Eigenschaft rührt davon her, dass das Mark stellenweise in Klumpen gerinnt. Dieselbe ist freilich den centralen Fasern nicht allein eigen, sondern findet sich bei allen schmalen Fasern, daher häufig in denen des n. sympathicus; weil dieselbe jedoch häufiger in den Centraltheilen bemerkt wird, so hat sie praktische Wichtigkeit. Auch in den centralen Fasern fehlt der Axencylinder nicht, ist vielmehr wenigstens

1) Vgl. Ehrenberg, Beob. e. bisher unerkannten Structur des Seelenorg. d. Menschen. Berl. 1836.

in den breitern oft recht deutlich. Demnach gibt es eigentlich keine durchgreifenden Unterschiede zwischen centralen und peripherischen Fasern. Wenn wir sie dennoch von einander gesondert haben, so geschah dies aus einem praktischen Zwecke; indem es oft darauf ankommt, Centralnervenmasse von peripherischer unter dem Mikroskope zu unterscheiden. Ausser der grössern Häufigkeit feinerer Fasern und der Varikosität derselben in den Centraltheilen, sowie der Ganglienkugeln in der grauen Substanz fügen wir noch das leichte Aus-

Figur 167.

Ganglienkugeln mit Anhängen, welche mit andern in Verbindung stehen, aus dem Gehirne eines Kaninchens, treu dargestellt. Man sieht einzelne wieder mehrfach getheilt. Auf dem Felde varicöse Nervenfasern.

treten des Marks an den durchschnittenen Nervenenden hinzu. Man sieht aus diesem Grunde blasenartige Hervortreibungen an Nerven von Centraltheilen häufig, sowie auch Mark sehr gewöhnlich zwischen den Nervenfasern zu sehen ist. Die Nerven erlauben auch nicht einen solchen Druck, welchen die peripherischen zulassen, ohne unkenntlich zu werden. Verschiedene Beobachter sprechen allen Fasern der weissen Substanz des Rückenmarks und Gehirns die Scheide gänzlich ab (Bidder und Kupfer, M. Schultze).

Vorkommen der einzelnen Arten.

208. Die markhaltigen Nervenfasern sind die bei Weitem häufigsten, finden sich in allen Rückenmarksnerven in grösster Zahl, auch in allen Gehirnnerven, mit Ausnahme des n. olfactorius, opticus und

Digitized by Google

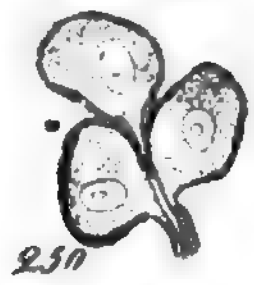
acusticus, in denen feine centrale Fasern (ohne Scheide?) vorkommen. Die marklosen Nervenfasern und die Remak'schen Fasern setzen hauptsächlich den n. sympathicus zusammen, in dem die markhaltigen nur in geringerer Menge vorhanden sind. Jedoch trifft man neben den breiten markhaltigen fast in allen Nerven auch schmale an. Die marklosen ohne Scheide (?) kommen als Ausläufer der Ganglienzellen und als die letzten Endigungen der Nerven in der Peripherie vor. Die centralen breiten scheinen häufiger in den vorderen, die centralen schmalen häufiger in den hinteren Rückenmarkssträngen vorzukommen, die ganz feinen den eigenthümlichen Rückenmarks- und Gehirnfasern anzugehören.

209. Die verschiedenen Abstufungen der Nervenfasern gehen ununterbrochen in einander über. So ändert sich der Durchmesser der markhaltigen Nervenfasern da, wo sie ins Rückenmark, resp. Gehirn übergehen, indem sie sich beträchtlich verschmälern, ohne dass ihre Beschaffenheit modificirt zu werden scheint. Auf der andern Seite gehen dieselben an ihren letzten Endigungen in marklose über und scheinen sogar, wie gesagt, ihre Scheide zu verlieren. Sie treten aus Gehirnganglienzellen als marklose heraus und erhalten später Scheide und Mark. Die Remak'schen Fasern haben einen schwer, gewöhnlich gar nicht wahrnehmbaren Inhalt; in den Muskelnerven von Petromyzon ist die Hülle gleichfalls mit Kernen bedeckt und ihr Axencylinder deutlich nachweisbar.

b) Ganglienkugeln.

210. Das zweite anatomische Element im Nervensysteme bilden Zellengebilde, welche kernhaltig sind, die Ganglienkugeln oder Ganglienzellen. Es sind mikroskopische Körperchen, welche nach

Figur 168.



Ganglienkugeln mit Anhängen aus dem g. Gasseri.

Figur 169.

Ganglienkugeln aus dem g. Gasseri des Kaninchens mit Scheiden.

Figur 170.

Ganglienkugeln mit Anhängen aus einem Brustganglion des n. sympathicus, viele marklose Fasern und eine markhaltige.

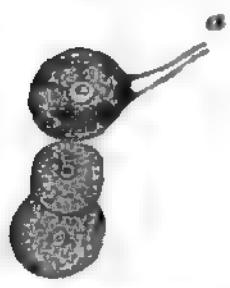
Digitized by Google

Kölliker in ihrer Grösse zwischen $^1/_{500}$ und $^1/_{666}$''' differiren, hell oder leicht gelblich gefärbt, oder auch ungefärbt mit einer kleinkörnigen Masse, einem Kerne und einem oder mehren Kernkörperchen gefüllt sind. Sie sind theils rund, theils länglich, zuweilen zackig, und bieten überhaupt die verschiedensten Formen dar. Sie sind theils mit einer besondern kernhaltigen Scheide versehen (s. Fig. 169), theils ohne eine solche. Nach Stilling soll die Hülle, sowie der Zellenkern eine sehr zusammengesetzte Structur aus sogen. Elementarröhrchen haben. Mit sehr vielen Ganglienkugeln stehen Fasern in ununterbrochener Verbindung. Die Ganglienkugeln werden durch concentrirte Essig- und Salpetersäure und kaustische Alkalien gelöst, hingegen nicht durch Chromsäure und Jod (Kölliker). Die Auflösung durch liqu. kali caustici Ph. bor. geschieht aber, wie ich sehe, ziemlich langsam; so fand ich wenigstens die Herzganglien beim Frosche noch nach mehren Stunden gut erhalten.

Jacubowitsch [1]) theilt nach zahlreichen Untersuchungen die in den Central- und peripherischen Theilen vorkommenden Ganglienkugeln in drei Abtheilungen, nach der Grösse und den Ausläufern, und zwar in motorische, sensible und sympathische. — Die Bewegungszellen liegen vorzugsweise in den vordern, die Empfindungszellen in den hintern Rückenmarkssträngen. Jene sind die grössern und haben 1—8 dicke, sich theilende Fortsätze, sie fehlen in der medulla oblongata, kommen aber im Rückenmark, dem kleinen Gehirn, den Vierhügeln vor. Die Empfindungszellen sind vier mal kleiner, spindelförmig, besitzen meist drei feine Ausläufer und nie mehr als vier. Die sympathischen haben zwei äusserst feine Ausläufer. Die grössern derselben finden sich in den Spinalganglien, im ganglion Gasseri und in der hufeisenförmigen Commissur der Vierhügel, dem ganglion vagi und den Ganglien des sympathicus.

211. Die Ganglienkugeln bilden a) die peripherischen Ganglien, welche aus sehr vielen derselben zusammengesetzt sind und ausserdem theils wirkliche Nerven, theils Scheiden der Ganglienkugeln enthalten; b) Ganglienkugeln kommen auch in so geringer Menge neben einander und selbst isolirt vor, dass sie nur mikroskopisch erkennbar sind, aber keine mit blossem Auge sichtbare Ganglien bilden, so z. B. an den Nervenfäden des Herzens, der Zunge, des Magens (Remak); auch im Stamme des n. vagus (v. intestinalis) vom Frosche sind dieselben enthalten; c) im Gehirne und Rückenmarke finden sich Ganglienkugeln in grosser Menge, aber viel

Figur 171.



Ganglienkugeln aus dem r. intestinalis nervi vagi des Frosches; bei a eine austretende Nervenfaser.

1) Jacubowitsch, Mitth. über d. feinern Bau von Gehirn u. Mark. Breslau 1857.

Digitized by Google

weicher, zarter und ohne Scheide. Man hat ein sehr leichtes Mittel, um ohne alle Vorbereitung Ganglienkugeln aus den Centraltheilen aufzufinden. Man bediene sich dazu des kleinen Gehirns vom Menschen, welches ein Paar Tage alt ist. Sticht man mit einem Messer in dasselbe und spült mit einem Tropfen Wasser oder serum das Messer auf einem Objectgläschen ab, so findet man fast beständig die schönsten Ganglienkugeln, welche gewöhnlich mit einer oder mehren Fasern versehen sind, die sich nicht selten wieder spalten. Auch die Behandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure ist sehr zu empfehlen (s. Fig. 167).

Nach den Untersuchungen von Bidder und Kupfer [1]) sind viele Zellen der grauen Rückenmarkssubstanz, welche man bisher für Ganglienzellen ansah, nur Bindegewebskörperchen mit Ausläufern von elastischen Fasern; hiernach wäre nicht nur die Zahl der Ganglienkugeln, sondern auch die der Nervenfasern sehr viel geringer, als man bisher annahm. Am Grund der vordern Rückenmarksspalte sollen nur Ausläufer von Bindegewebskörperchen vorhanden sein. — Nach Kupfer hängt dies Netz, welches die Bindegewebsfasern bilden, innig mit der pia mater zusammen, welche durch die vordere Spalte eine Menge von Lamellen ins Rückenmark hinein sendet. Diese Lamellen kreuzen sich nach Kupfer von beiden Seiten und es entsteht daher die sogen. vordere Commissur; welche früher fast alle Beobachter (mit Ausnahme von Arnold) für eine aus Nervenfasern gebildete Commissur hielten, wie sie auch als solche von vielen Histologen, z. B. Kölliker noch heute angesehen wird. — Nach Bidder und Kupfer sollen nur in der Nähe des durch die Längsaxe des Rückenmarks gehenden Centralcanals Ganglien sich finden. — Viele Ausläufer hängen mit den Epithelzellen zusammen, welche an der Oberfläche verschiedener Gehirntheile (Centralcanal, aquaeductus Sylvii) sich finden (Bidder, Gerlach) [2]) und diese möchten daher nicht wohl für Nervenfasern zu halten sein.

Endigung der Primitivnervenfasern.

212. Von den Endigungen der Primitivfasern in der Peripherie kennt man bis jetzt: a) ihre Spaltung in feine Fasern. Am mesenterium und in den Muskeln haben diese Spaltung Savi, Schwann, Müller, Brücke, Wagner, Reichert u. A. beobachtet. Besonders

---

1) Vgl. Bidder u. Kupfer, Unters. über die Textur des Rückenm., Leipz. 1857, und die Dissert. von Schilling, Owsjannikow, Kupfer. Dorpat 1852 u. 1854. — Gegen die Richtigkeit dieser Annahmen sprechen sich Kölliker (in Zeitschr. f. Zool., IX, 1), noch mehr Lenhossek (neue Unters. über den feinern Bau des centr. Nervens. Wien 1854 u. 1858) und Stilling (neue Unters. über den Bau des Rückenm. Frkft. a. M. 1856) aus.

2) Gerlach, Mikrosk. Studien. Erl. 1855.

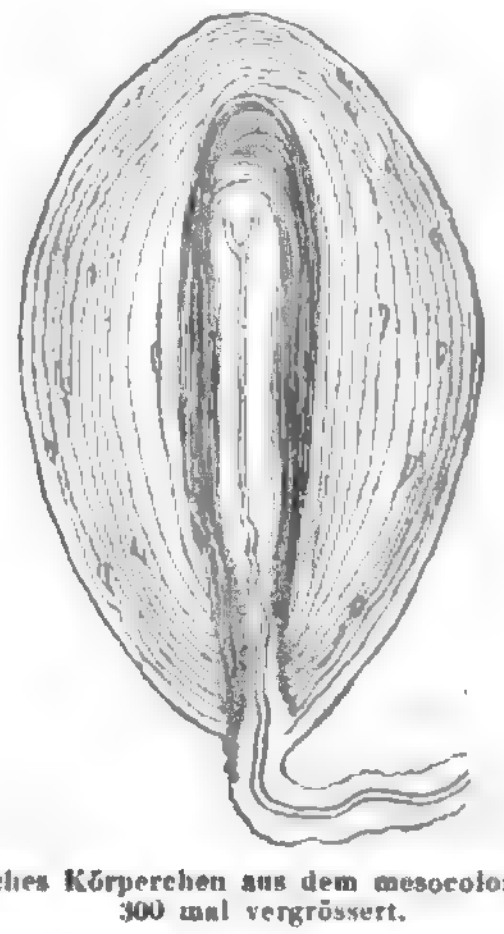
Digitized by Google

genau erkennt man nach R. Wagner [1]) diese Endigung an dem elektrischen Organe des Zitterrochens. Von dem Ende einer Primitivfaser entspringen Äste, welche sich dichotomisch theilen (Fig. 172). An der Oberfläche der Riechschleimhaut endigen die Fasern des n. olfactorius frei als Stäbchen zwischen den Epithelien (M. Schultze). b) Ihre Endigung in den Pacinischen [2]) Körperchen (s. Fig. 173). Diese, zuerst von Vater, später von Pacini aufgefunden, sind helle, fast durchsichtige Körperchen, ungefähr $^1/_2$—$^3/_4$‴ im Durchmesser,

Figur 172.

Dichotomische Theilung einer Nervenprimitivfaser.

Figur 173.



Pacinisches Körperchen aus dem mesocolon der Katze; 300 mal vergrössert.

welche mittelst eines kleinen Stiels an einem Nervenfaden anhängen. Durch den durchbohrten Stiel geht eine Primitivfaser in die Mitte des Körperchens hinein und endigt hier entweder einfach oder einmal oder mehr mal gespalten. In einzelnen Fällen scheint die Faser nur durch das Körperchen durchzutreten (Henle und Kölliker, Valentin, Bidder). Die Körperchen bestehen aus (etwa 50) Schichten, welche wie die Häute einer Zwiebel concentrisch auf einander liegen. Zwischen denselben ist Flüssigkeit enthalten. Man hat diese merkwürdigen Organe bei Menschen und Säugethieren bis jetzt bloss

---

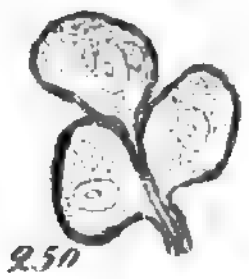
1) Vgl. R. Wagner in dessen Handwörterbuch, III, 1, wo auch die übrige Literatur sich findet.

2) Ueber d. Pacinischen Körperchen vgl. Vater in Lehmann, de consensu part. Vitemb. 1741. — Henle u. Kölliker über Pacinische Körperchen. Zürich 1844. — Herbst, Pacinische Körperchen. Gött. 1847. — Will in Sitzungsber. d. Wien. Akad., Febr. 1850. — Leydig in Zeitschr. f. wiss. Zool., V, 75.

Digitized by Google

an den Hautnerven in der Handfläche und Fusssohle, am n. cruralis und plexus sacralis in den Unterleibsgeflechten und den Nerven der männlichen Geschlechtstheile, sowie am mesocolon und mesenterium der Katze gefunden. In der Haut endigen nach Krause [1]) die Primitivfasern überall in Endkolben, welche mit den Pacinischen Körperchen Ähnlichkeit haben. Sehr merkwürdig sind die Nervenendigungen in den elektrischen Organen von Fischen, in denen sie

Figur 174.

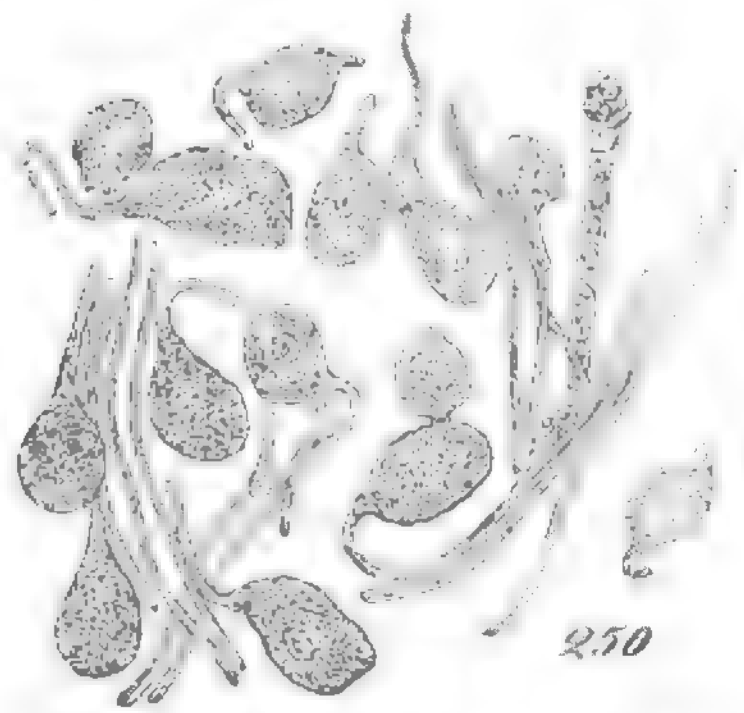


Ganglienkugeln mit Anhängen aus dem g. Gasseri.

Figur 176.

Ganglienkugeln aus dem g. Gasseri des Kaninchens mit Scheiden.

Figur 175.



Ganglienkugeln mit Anhängen aus einem Brustganglion des n. sympathicus, viele marklose Fasern und eine markhaltige.

in Platten ausgehen (Bilharz, M. Schultze). c) Die Endigung der Nerven durch Bildung von Schlingen (Prevost und Dumas, Valentin, Emmert), wobei also die Nervenprimitivfaser sich wieder umwendet. Viele Physiologen stellen, auf Beobachtungen gestützt, in Abrede, dass diese Schlingen jemals als die letzten Endigungen vorkommen. Sogar am n. acusticus, wo die Endschlingen am Deutlichsten zu sein schienen, haben sie nicht bestätigt werden können (Czermak, M. Schultze). Jedoch ist die Sache noch keineswegs als vollständig abgemacht zu betrachten: so z. B. scheinen in der Haut an den Tastkörperchen Schlingen vorzukommen, auch habe ich sie an den Irisnerven ganz bestimmt beobachtet und abgebildet. — Hingegen ist es sicher, dass die Schlingenbildung nur als Ausnahme zu betrachten ist.

Ein vortreffliches Mittel, um feinere Nerven unter dem Mikroskope zu erkennen, bietet der liquor Kali caustici. Durch dasselbe erhalten sich die Nerven länger, als die übrigen Gewebstheile. Wenn

---

1) Krause, Anatomische Unters. Hannover 1861. — Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover 1860.

man z. B. die Nerven der iris verfolgen will, so lege man die ganze Iris eines weissen Kaninchens in verdünnten liquor Kali caustici so lange, bis sie ein geléeartiges Ansehen erhalten hat und die Gefässe nicht mehr an ihrer Färbung zu erkennen sind. Ein solches erweichtes Präparat kann man dann wieder in verdünnte Chromsäure legen, wodurch Alles noch anschaulicher wird.

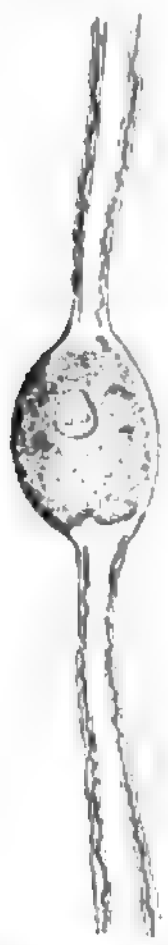
Verhalten der Fasern zu den Ganglienkugeln.

213. Über das Verhältniss zwischen Ganglienkugeln und Nerven weiss man bis jetzt mit Sicherheit, 1) dass um die Ganglienkörper der peripherischen Ganglien häufig kernhaltige Fasern liegen, welche Scheiden um jene bilden (Fig. 176); 2) dass mit den Ganglienkugeln Nervenfasern in ununterbrochener Verbindung stehen (Fig. 174 u. 175). Diese Nervenprimitivfasern sind bald marklose, bald markhaltige. Sie scheinen mitunter nur Axencylinder zu sein, um welche sich im weitern Verlaufe eine Hülle anlegt. Zuweilen theilen sie sich dichotomisch (Fig. 177) und diese Theilung wiederholt sich, so dass aus einer getheilten Faser wieder zwei neue hervorgehen. An dem elektrischen Organe von Rochen (Wagner, Robin) sind es in der Regel breite Primitivfasern, deren innerer Cylinder in eine Ganglienzelle anschwillt, so dass also Nervenprimitivfasern aus beiden Seiten derselben (bipolare) (Fig. 178) hervorgehen. In den Nerven des Herzens und der Blase des Frosches stehen schmale Fasern (ohne doppelte Contouren) in gleicher Weise mit Ganglienkugeln in Verbindung. — In vielen Ganglien hingegen kömmt aus einer Ganglienkugel nur ein Faden, so dass man sagen kann, dass derselbe aus der Zelle entspringt (Kölliker). Ich sehe, dass diese sogenannten unipolaren Ganglienkugeln oft sehr deutlich in dem vor dem Herzen liegenden r. intestinalis vagi vom Frosche darzustellen sind. — 3) Endlich finden sich sehr viele Ganglienkugeln, an welchen eine Verbindung mit Nervenfasern nicht zu sehen ist. An vielen derselben mögen Nervenfasern abgerissen sein; viele aber tragen so sehr das Gepräge von Unversehrtheit, dass man nicht ohne Weiteres die apolaren Ganglienkugeln in Abrede zu stellen berechtigt ist. Es hat durchaus nichts Auffallendes, dass auch hier, wie bei andern Zellen, solche vorkommen, bei welchen Fortsätze sich noch nicht entwickelt haben. Hiernach wären die apolaren Ganglienkugeln junge Formen.

Fig. 177.

Ganglienkugel mit vielen Anhängen aus dem Rückenmark.

Fig. 178.



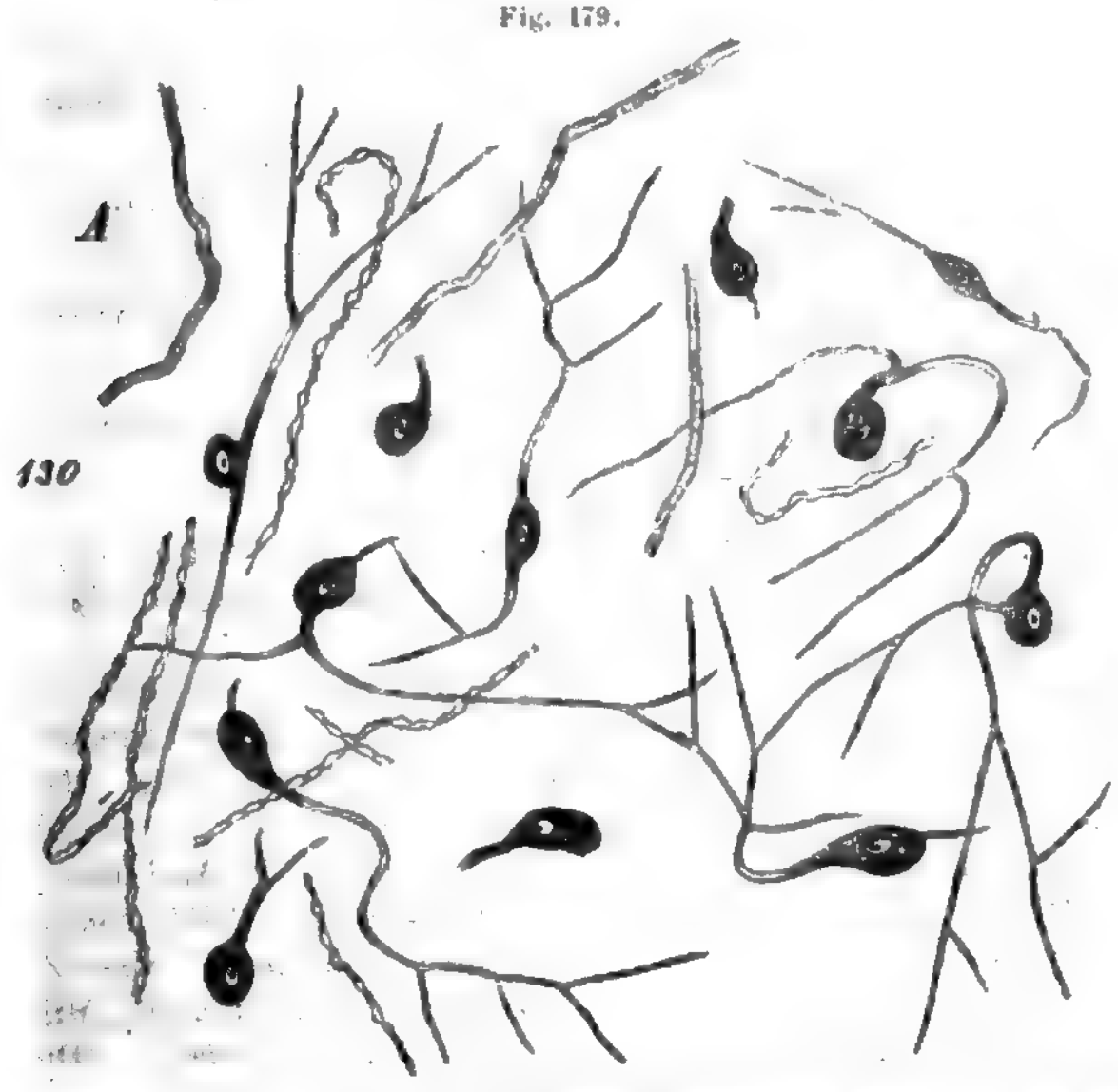
Bipolare Ganglienkugel nach Wagner.

Digitized by Google

Jedoch ist auch dies nur ganz hypothetisch. Es ist übrigens auch eine Wirkung einer Ganglienkugel ohne Nervenanhang auf benachbarte Theile recht gut denkbar.

214. In den Centraltheilen hingegen scheinen alle Ganglienkugeln mit vielen Fasern (multipolare Ganglienkugeln) in Verbindung zu stehen, in den Vorderhörnern des Rückenmarks nach Bidder stets mit vier. Diese Fasern sind marklos, blass und meistens ohne sichtbare Scheide. — Die Ganglienkugeln stehen durch ihre Anhänge mit einander in Verbindung und bilden dadurch ganze Netze (s. Fig. 179), wie R. Wagner[1]) mit Recht angiebt. Man kann sich leicht eine Anschauung verschaffen, wenn man Gehirnmasse am Besten an der Gränze zwischen grauer und weisser Substanz auf ein Gläschen bringt und die oben p. 527 angegebene Mischung von Salpetersäure und chlorsaurem Kali kurze Zeit einwirken lässt. Die gelb gewordenen Ganglienkugeln mit ihren Anhängen treten dann deutlich hervor. — Auch in den Ganglien des n. sympathicus sollen nach Remak alle Zellen multipolar sein, was jedoch Kölliker in Abrede stellt.

Fig. 179.



Ganglienkugeln mit Anhängen, welche mit andern in Verbindung stehen, aus dem Gehirne eines Kaninchens, treu dargestellt. Man sieht einzelne wieder mehrfach getheilt. Auf dem Felde varicöse Nervenfasern.

1) R. Wagner, Neurologische Unters. Göttingen 1854.

Verlauf der Primitivnervenfasern in der Peripherie.

215. Die Primitivfasern der Nerven liegen alle isolirt neben einander, d. h., der Inhalt des einen Nerven geht niemals eine Vermischung mit dem Inhalte des anderen ein. Hingegen spalten sich die Primitivfasern sehr häufig an ihrem Ende, in feinere Zweige. Eine Nervenfaser kann sich hier in eine grosse Anzahl anderer allmählich zerspalten, wie namentlich an einem kleinen Brustmuskel von Reichert beobachtet wurde. In den Centraltheilen sollen, nach Kölliker und Stannius, solche Spaltungen nicht vorkommen; von andern Forschern hingegen sind auch Theilungen der Centralfasern gesehen worden, womit meine eigenen Beobachtungen übereinstimmen. — Im Gehirne sind von verschiedenen Beobachtern netzartige Verbreitungen von Fasern gesehen worden, welche mit kleinen Körnern in Verbindung stehen. [1])

Verlauf der Fasern im Rückenmark.

216. Im Rückenmarke [2]) unterscheidet man die weisse und graue Substanz. Bei dem Querdurchschnitt erscheint die letztere beinahe in Form eines H, von dem die mittlere Querbrücke, commissura grisea, und je zwei vordere und zwei hintere Hörner zu erkennen sind. An der weissen Substanz nennt man in jeder Hälfte den hintern neben der Mittellinie liegenden Theil bis zur Eintrittsstelle der hintern Wurzeln, hintern Mittelstrang, und den mehr nach Aussen liegenden Theil, hintern Seitenstrang, ebenso an der vordern Hälfte den vordern Mittel- und den vordern Seitenstrang.

Die beiden Vorderstränge (rechter und linker) haben eine tiefe Fissur zwischen sich, durch welche sie bis tief einwärts von einander geschieden werden. In der Tiefe vereinigt sie die vordere weisse Commissur.

Centralkanal.

217. Durch die Axe des Rückenmarks, resp. dessen graue

---

1) Vgl. Gerlach, Mikrosk. Studien. Erl. 1858. — Stephany, Zur Histol. der Rinde des grossen Gehirns. Dorpat 1860. — R. Wagner in Nachrichten der Göttinger Universität 1859, No. 6.

2) Über den Verlauf der Fasern im Rücken- und verlängerten Marke, vgl. Stilling und Wallach, Unters. über die Textur des Rückenmarks, Leipzig 1842. — Stilling, Über die Textur der med. obl. Erl. 1843. Dessen Neue Unters. über den Bau des Rückenmarks. Frankf. 1856. — Clarke, philos. transact. 1851, II, 609, und 1858, I, 231. — Derselbe in Archives of medicine. 1858, No. III. — Derselbe in Proceed. of the royal soc. VIII, No. 27. — Kölliker in mikrosk. Anat., II, und Gewebelehre; Zeitschr. f. wiss. Zool., 1857, IX. — Budge in Müller's Arch. 1844, p. 164. — Blattmann, Mikrosk. anat. Darstellung des Centralnervens. d. Batrachiers. Zürich 1850. — Die Dorpater Dissertationen von Schilling, 1852. Owsjanikow, 1854. Kupfer, 1854. Stieda (Esox lucius), 1861. Traugott (Rana), 1861. — Bidder und Kupfer, Unters. über die Textur des Rückenm., Leipzig 1857. — Lenhossek, Über den feinern Bau des centralen Nervens., Wien 1855, 1858. — Schröder v. d. Kolk, Bau der med. sp. und obl., übers. von Theile, Braunschw. 1859.

Digitized by Google

Substanz, geht ein Canal, welcher von Epithel ausgekleidet ist, an welches zunächst die substantia gelatinosa centralis gränzt. — An den hintern Rändern der hintern Hörner findet sich eine hellere Schicht, substantia gelatinosa Rolando genannt.

Fortsetzung der Nervenwurzeln.

218. Was den Verlauf der Fasern im Rückenmarke betrifft, so müssen zunächst die Fortsetzungen der Fasern der hintern und vordern Wurzeln ins Auge gefasst werden. Diese verschmälern sich alsbald, wesshalb sie in frischen Präparaten leicht von den Wurzeln abreissen. [1]) — Sie senken sich in die vordern und hintern grauen Hörner. Die vordern Wurzelfasern verlaufen theils bis in die hintersten Gegenden der Vorderhörner, theils in die vordere Hälfte der Seitenstränge derselben Seite, theils gegen die Hinterhörner. Die Fortsetzungen der hintern Nervenwurzeln gehen theils durch die substantia gelatinosa zu longitudinalen Bündeln der Hinterhörner, und gegen die Vorderhörner, theils durch den Hinterstrang eine Strecke verlaufend bis zu den Vorderhörnern (Kölliker). —

Theilweise Endigungen der hintern Wurzeln im Rückenmarke.

Ob diese Fasern, nachdem sie in die Hörner eingegangen sind, aus ihnen wieder heraustreten und in der Richtung gegen das Gehirn weiter verlaufen, ist von Einigen (Kölliker) behauptet, von Andern bestritten worden. — Wenn sämmtliche Nervenfasern des Körpers nach Oben steigen, so muss nothwendig in dem Halsmark die Zahl derselben so gross sein, als die aller peripherischen Fasern zusammen genommen. Die Angaben hierüber sind abweichend. Volkmann's Messungen führten zu dem Resultate, dass an der obern und untern Anschwellung des Rückenmarkes, an welcher die Nerven der obern und untern Extremität eintreten, die Nervenmasse sowohl graue als weisse stärker ist, als an der darüber und darunter liegenden. — Nach Volkmann's Messungen an Crotalus mutus ist der Durchmesser aller Nervenwurzeln zusammengenommen, 11 mal dicker als die Fläche des Halsmarkes. Man kann also nicht wohl mehr annehmen, dass alle Nervenfasern des Körpers das Halsmark erreichen, trotzdem, dass sie sich sehr verfeinern. Es muss vielmehr eine gewisse Anzahl schon im Rückenmarke endigen. — Meine eigenen Untersuchungen an dem Rückenmarke des Frosches, welche ich 1844 publicirt hatte, wiesen nach, dass die hintern Wurzeln zu einem grossen Theile gegen das Gehirn hin aufsteigen, einen andern Theil konnte ich aber nicht verfolgen. Ich habe damals allerdings vermuthet, dass auch diese aufwärts steigen, aber nicht mit Recht, vielmehr sind diese es gerade, welche im Rückenmarke endigen, wie durch neuere Untersuchungen als sicher anzusehen ist.

---

1) Vgl. Budge in Müller's Arch. 1844.

Digitized by Google

Hingegen stimme ich darin mit Kölliker und Schröder vollständig überein, dass ein Theil der hintern Wurzelfasern in der Richtung gegen das Gehirn hin steigt, obgleich man sie nicht so weit verfolgen kann, dass vom anatomischen Standpuncte aus behauptet werden darf, dass sie das verlängerte Mark erreichen, wenn es auch wahrscheinlich ist.

Endigung der vordern Wurzeln.

219. Die vordern Wurzelfasern konnte ich bei meinen Beobachtungen nicht in der Richtung nach dem Gehirne hin verfolgen, sie schienen mir sämmtlich im Rückenmarke zu enden. Ich stimme daher vollständig in dieser Beziehung den Untersuchungen von Stilling, Schilling[1]) u. A. bei. Nach Schilling endigen alle vordern Wurzelfasern in den grossen Ganglienzellen der vordern Hörner. Jede Zelle lässt aber einen nach oben gehenden Fortsatz aus sich entstehen, von dem man vermuthen kann, dass dieser die Verbindung mit dem Gehirn herstellt. So widersprechend auch im Einzelnen die Angaben der Beobachter sind, so stimmen doch die Meisten darin überein, dass sich die vordern Wurzelfasern nicht direkt nach Oben wenden, sondern in Rückenmarksganglien enden, und zweitens, dass mit diesen Ganglien abwärtssteigende Fasern communiciren. Die letztere Angabe ist namentlich von Schilling, Bidder und Kupfer, R. Wagner, Schröder u. A. angenommen und gewiss auch die richtige. — Über eine dritte Thatsache herrscht gleichfalls eine wesentliche Uebereinstimmung, nämlich über die Communication von vordern und hintern Wurzelfasern; nur Schilling stellte in Abrede, dass irgend eine Faser der hintern Wurzeln in die Vorderhörner übergehe. Stilling statuirt einen directen Übergang, während Wagner, Kölliker, Bidder, Schröder eine Verbindung der hintern und vordern Wurzelfasern durch Ganglienzellen angeben. — Ob die vordern Wurzelfasern beider Seiten sich in der weissen Substanz kreuzen, wie Kölliker annimmt, ist noch unsicher.

Medulla oblongata.

220. Über den Verlauf der Fasern im verlängerten Marke und Gehirn sind die Resultate der verschiedenen Beobachter sehr abweichend, und wir müssen uns begnügen auf deren Schriften[2]) zu verweisen. In Betreff des verlängerten Marks ist das Wahrscheinlichste, dass die Vorderstränge des Rückenmarks ihre Fortsetzungen in den Pyramiden haben, dass die corpora restiformia neue hinzu-

1) Schilling, de med. spin. Text. Dorp. 1852.

2) Stilling, med. obl. Erl. 1843. — Hirnknoten und Varolsbrücke. Jena 1846. — Schröder v. d. Kolk, Bau und Funct. der med. spin. und obl., übers. von Theile. Braunschw. 1859. — Stephany, Zur Phys. der Rinde des grossen Gehirns. Dorpat 1860. — Gerlach, Mikrosk. Studien. Erlangen 1858. — Kölliker, Gewebelehre. 3. Aufl.

Digitized by Google

tretende Gebilde sind, welche hauptsächlich vom kleinen Gehirne kommen und die Verbindung zwischen diesem und dem Rückenmarke herstellen, ebenso die auf der Oberfläche des verlängerten Markes sichtbaren fasciculi graciles und cuneati.

2) Chemische Eigenschaften der Nerven.

Chemische Beschaffenheit des Nerven. 221 – 234. Reaction. Geschmack. Geruch.

221. Die Nervenmasse reagirt im frischen und normalen Zustande, solange der Nerv noch leistungsfähig ist, wie der Muskel neutral (Funke)[1]) oder schwach alkalisch, nach dem Absterben wird er nach Funke sauer, ebenso nach angestrengter Thätigkeit im Leben. Nach M. Schultze[2]), welcher eine genaue chemische Analyse des electrischen Organs von Torpedo angestellt hat, reagirt dieselbe constant sauer. Sie ist im feuchten Zustande ohne Geschmack und Geruch, entwickelt getrocknet (nach Hauff und Walther)[3]) einen Geruch nach Fleischextract. — Die Asche der grauen Substanz reagirt, nach Lassaigne[4]), alkalisch und die der weissen Substanz sauer.

Imbibitionsfähigkeit.

222. Die Nervenmasse kann sich sehr mit Wasser tränken. Ein Schafgehirn von 3 Unzen wog, nachdem es 6 Stunden in Wasser und in Galle gelegen hatte, 8 Unzen, und war dadurch sehr weich geworden (Patterson).

223. Die bis jetzt ermittelten Bestandtheile der Nervensubstanz sind: a) Wasser, b) stickstoffhaltige, proteinähnliche, c) stickstofflose, fettige, d) Extractivstoffe, e) anorganische Bestandtheile.

a) Wassergehalt.

224. Wasser ist in sehr reichlicher Menge im Gehirne vorhanden, $^3/_4 - ^4/_5$, selbst mehr; nach Bibra 75,6%, nach Fremy 88%; bei jungen Menschen und Thieren ist die Quantität desselben grösser, als bei ältern (v. Bibra[5]), Schlossberger)[6]). Die Corticalsubstanz enthält beträchtlich mehr Wasser, als die Medullarsubstanz (Lassaigne, Hauff und Walther, v. Bibra); so fanden Hauff und Walther in der

Corticalsubstanz		Medullarsubstanz	
max.	86,64	(corp. callos.) max.	70,68
min.	84,84	min.	69,64

aus dem menschlichen Gehirn.

---

1) Funke in Ber. der sächs. Ges. in Leipzig. 1859. August.
2) M. Schultze, Verh. der naturf. Ges. in Halle. V.
3) Hauff u. Walther in Liebig's Ann. 1853. p. 45.
4) Lassaigne, Journ. de chim. méd. 2. Sér. I, 344.
5) v. Bibra in Liebig's Ann. 1853. p. 212.
6) Schlossberger in allg. und vgl. Thierchemie. I.

b) Protein. 225. Sowohl die Gehirn-Rückenmarksmasse als auch die einzelnen Primitivfasern zeigen Eigenschaften, welche den Proteinsubstanzen zukommen. Wie Muskelfibrin erhärtet die Gehirnsubstanz durch kohlensaures Kali (Virchow), der Axencylinder verhält sich gleichfalls gegen Reagentien den Proteinsubstanzen sehr ähnlich. Er ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether. Er quillt in concentrirter Essigsäure auf, Alkalien, concentrirte Schwefel- und Salzsäure lösen ihn beim Erhitzen schnell, aber nicht in der Kälte. — Jedoch löst er sich schwer oder gar nicht wie das Blut- und Muskelfibrin in Essigsäure und verdünnter Salzsäure, auch nicht in Salpeterwasser auf. — Nach Vauquelin und Fremy enthält das Gehirn 7% eiweisshaltiger Substanz; nach Lassaigne die graue Substanz 7,5%, die weisse 9,9%; nach Denis bei einem 20jährigen Individuum 7,3, bei einem 70jährigen 7,8; nach l'Heritier beim

Kinde,	Jüngling,	Erwachsenen,	Greise,	Blödsinnigen
7	10,24	9,40	8,65	8,4%;

nach v. Bibra enthält das grosse Gehirn des Menschen in Wasser unlösliche Proteinsubstanzen und lösliches Eiweiss 9,62% und die Medullarsubstanz eines Cretinen 8,01; nach Schlossberger betrug der in Äther unlösliche Rückstand, bei 120° getrocknet; 16—14% in der Medullar-, 11—9% in der Corticalsubstanz.

Die Nervenscheide löst sich nicht in kochender, concentrirter Essigsäure, und nur durch Digestion in ätzenden Alkalien und concentrirter Schwefelsäure. Mulder[1]) hält ihre Substanz derjenigen ähnlich, welche den elastischen Fasern zukommt.

c) Fett. 226. Mit dem Namen der Gehirnfette belegt man alle die in Äther löslichen Stoffe, welche jedoch wieder sehr differente Eigenschaften zeigen. Aus zerriebener Hirnmasse lässt sich durch kochenden Alkohol Elain, Ölsäure und Margarinsäure ausziehen und, indem man den Rückstand mit Äther behandelt, erhält man eine blättrig-krystallinische Substanz: das Cholesterin, welches nicht zu den Fetten, sondern zu den Alkoholen zu rechnen ist, und eine schmierige Masse: die Cerebrinsäure und Ölphosphorsäure mit Natron und Kalkphosphat und etwas Eiweiss. Wird diese schmierige Masse mit schwefelsäurehaltigem absolutem Alkohol gekocht und heiss filtrirt, so scheiden sich beim Erkalten die beiden Säuren aus, von denen kalter Äther nur die Ölphosphorsäure löst, während die Cerebrinsäure (ein weisses Pulver) nur von kochendem Äther aufgenommen wird. Die Cerebrinsäure quillt in heisem Wasser auf, wie Stärkemehl, schmilzt erst bei hoher Temperatur und ist stickstoffhaltig, wodurch sie sich sehr von andern Fetten unterscheidet. — Die Ölphosphorsäure zer-

1) Mulder, Phys. Chemie. p. 656.

setzt sich durch Kochen in Elain, Ölsäure und Phosphorsäure (Fremy).[1]) Gobley sieht die Ölphosphorsäure als ein Gemenge von Ölsäure und Glycerinphosphorsäure an.

227. Nach Gobley[2]) finden sich die fetten Gehirnsäuren auch im Eigelb, sowie Cholesterin bekanntlich auch im Blute und in der Galle vorkommt.

228. Die Gehirnfette sind besonders durch ihren Phosphorgehalt ausgezeichnet, der wahrscheinlich nicht als regulinischer Phosphor, sondern als eine Verbindung von Phosphorsäure sich zeigt. In 100 Theilen des Ätherextractes fand v. Bibra 1,5—2,5%; das Ätherextract der grauen Substanz enthielt in dem Gehirne eines Phthisikers Phosphor: 1,88%, das der weissen: 1,54%.

229. Die weisse Substanz enthält beträchtlich mehr Fett, als die graue, so nach Hauff das corpus callosum 16,9%, die Corticalsubstanz 4,8—5%.

230. In den Nervenfasern selbst ist eine nicht geringe Menge von Fett enthalten, wie man beim Behandeln von Nerven in Äther wahrnimmt. Das hierdurch erhaltene Fett erscheint in einzelnen Fettkügelchen von wechselnder Grösse, welche oft aneinander hängen bleiben. Eine des Fettes beraubte Nervenprimitivfaser ist aber in ihrem Innern nicht leer, sondern ausser dem Axencylinder ist noch eine feinkörnige, nicht schillernde Masse enthalten, wahrscheinlich ein Proteinkörper. Wird ein Nerv, der mit Alkohol gekocht war und dadurch seines Fettes beraubt ist, mit ätzenden Alkalien behandelt, so löst sich auch der Proteinkörper auf und es bleiben nur noch die Scheiden zurück. — Das Mark der Nervenprimitivfasern scheint sonach Fett und eine Proteinsubstanz zu sein.

231. Nach Couerbe[3]) können 5 Gehirnfette unterschieden werden: Cholesterin, Cerebrot, Stearokonot, Cephalot und Cerebrol, welche jedoch wahrscheinlich nicht reine Substanzen sind.

232. In dem Gehirne eines Erwachsenen, das ungefähr 3 Pfund wiegt, sind über 5 Loth Fett enthalten.

d) Extractivstoffe.

233. Im Gehirn wurden entdeckt: Inosit, Kreatin, Milchsäure, Harnsäure, Hypoxanthin, Ameisensäure, Essigsäure (W. Müller)[4]).

e) Anorganische Bestandtheile.

234. In der Gehirnmasse finden sich besonders viel Phosphorsäure und phosphorsaure Alkalien, wenig phosphorsaure Erde, phosphorsaures Eisenoxyd, Chloralkalien, schwefelsaures Kali (Breed)[5]).

---

1) Fremy in Ann. de chim. et phys. 3. Sér. II, 464.
2) Gobley, Journ. de chim. et phys. 3. Sér. I, 408.
3) Couerbe in Ann. de chim. et phys. 2. Sér., LVI, 164.
4) W. Müller, Über die chem. Bestandtheile des Gehirns. Erlangen 1857.
5) Breed in Liebig's Ann. 1852, LXXXIII, 124.

Digitized by Google

3) Electrische Eigenschaften der Nerven. [1])

Nervenstrom. 235—242.

235. Es ist schon oben p. 464 gesagt worden, dass der Nerv in Betreff seines electromotorischen Verhaltens wesentlich dieselben Erscheinungen, wie der Muskel darbietet. Man unterscheidet den Strom des ruhenden Nerven, welcher nicht mit Reizen verbunden ist und den Strom der einem Reize ausgesetzten Nerven. — Wir werden den letztern bei der Lehre von den Nervenreizen abhandeln.

Nach Dubois ist in jedem Nervenstück, so lange dasselbe noch erregbar ist, eine Quelle von electrischen Strömen. Er denkt sich ein jedes Stückchen aus einer unzähligen Menge electromotorischer Moleküle zusammengesetzt, von denen jedes ein Einzelströmchen zeigt. Alle diese combiniren sich und bewirken Abweichungen der Magnetnadel. An jedem Nervenstück unterscheidet man wie am Muskel einen natürlichen und künstlichen Längsschnitt und zwei durch scharfe Schnitte an beiden Enden hergestellte (künstliche) Querschnitte. Die Halbirungslinie zwischen beiden heisst der Äquator. — Es giebt sich kein Strom zu erkennen, wenn die beiden Querschnitte oder solche zwei Puncte des Längsschnittes an die Bäusche angelegt werden, welche gleich weit vom Äquator entfernt sind. — Der stärkste Strom zeigt sich, wenn der Querschnitt den einen Bausch berührt, und der Längsschnitt den andern, noch mehr, wenn man den Nerven so in eine Schleife legt, dass zwei Querschnitte an einen Bausch, zwei Längsschnitte desselben Nerven an dem andern Bausch anliegen. Ein schwächerer Strom entsteht, wenn zwei Puncte des Längsschnittes aufliegen, welche ungleich weit vom Äquator entfernt liegen (unsymmetrisch angeordnet). —

Strom des Rückenmarks.

236. Das ganze Rückenmark verhält sich wie ein Nerve, man kann an ihm auch künstliche Längsschnitte machen, was an den einzelnen Froschnerven wegen ihres geringen Durchmessers nicht möglich ist.

Stromrichtung.

237. Im Nerven geht der Strom vom Quer- zum Längsschnitte, im Multiplicatordraht vom Längs- zum Querschnitt. Bei zwei Puncten des Längsschnittes, welche unsymmetrisch aufliegen, geht der Strom von dem dem Äquator nähern Puncte durch den Multiplicatordraht zu dem entferntern.

Verschiedenheit des Stroms bei einzelnen Nerven.

238. Im Allgemeinen zeigt ein längerer und dickerer Nerve einen stärkern Strom, als ein kürzerer und dünnerer. Nur sind die

---

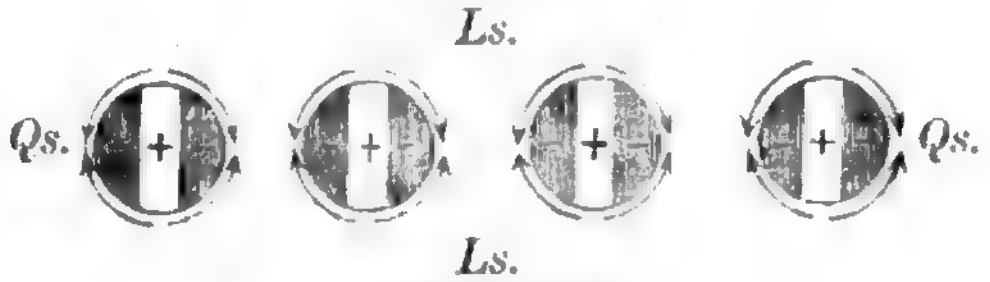
1) Da ich selbst über den Nervenstrom noch keine eingehendern Untersuchungen angestellt habe, so gebe ich die Thatsachen wesentlich nach Dubois-Reymond.

gitized by Google

Nervenwurzeln vor andern Nerven von gleicher Stärke und Länge durch ihre bedeutende elektromotorische Wirksamkeit ausgezeichnet.

239. Um dies elektrische Verhalten der Nerven zu erklären, hat Dubois eine gleiche Theorie, wie für die Muskeln, aufgestellt (s. p. 461). Der Nerve besteht hiernach aus einer unzähligen Menge electro-motorischer Elemente, von denen jedes eine positive Äquatorialzone und zwei negative Polarzonen darbietet (s. Fig. 180). Theorie zur Erklärung des Nervenstroms.

Fig. 180.

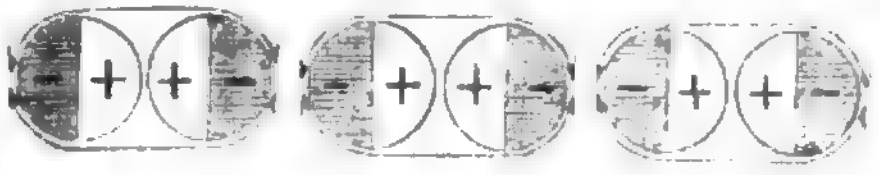


Peripolare Anordnung.

Die Äquatorialzone ist gegen den Längsschnitt, die Polarzonen sind den Querschnitten zugekehrt. — Jedes Element ist von einer unwirksamen leitenden Flüssigkeitsschicht umgeben.

Das peripolare Element kann auch als ein dipolares gedacht werden, wie in Fig. 181.

Fig. 181.



Dipolare Anordnung.

Die einzelnen Strömchen, welche in jedem Elemente erzeugt werden, werden durch die umgebende leitende Substanz weiter verbreitet. Durch die ganze feuchte Nervenmasse geht der elektrische Strom hindurch. Bringt man nun an den Nerven ein Metall an, so gehen auch durch dieses Ströme hindurch, der Metalldraht bildet eine Nebenschliessung. Ein solcher Stromarm geht nun auch durch den Multiplikatordraht. Aus der Stärke dieses abgeleiteten Stromes lässt sich nicht auf die Stärke des Stromes in den Nerven selbst schliessen, da derselbe nur eine Stromschleife (p. 450) ist und da die Fortleitung der Elektricität sowohl in dem Nerven, als auch in dem sehr langen Multiplicatordrahte einen bedeutenden Widerstand findet, so kann der Nervenstrom, obwohl er nur eine schwache Ablenkung zeigt, doch beträchtlich gross sein.

240. Der Nervenstrom ist am deutlichsten bei lebenskräftigen Thieren, gleich nach dem Tode. Er erlischt bei warmblütigen Thieren früher, als bei kaltblütigen. Stärke des Nervenstroms.

Digitized by Google

Nervenstrom durch den Froschnerven nachgewiesen. Zuckung ohne Metalle.

241. Es ist schon oben p. 464 angegeben worden, dass man die Elektricität in den Nerven auch durch den Froschnerven selbst nachweisen könne, indem man den n. ischiadicus eines Froschpräparates mit dem Quer- und Längsschnitt eines Nervenbündels in Verbindung bringt, wodurch, wenn alle angewandte Nerven reizbar genug sind, Muskelzuckung im Froschpräparat entsteht. — Man kann aber, wie schon vor langer Zeit Pfaff, Humboldt u. A. gezeigt haben, dies auch an einem und demselben Froschpräparate zeigen, eine Zuckung ohne Metalle hervorbringen. Wenn man nämlich den n. ischiadicus, mit welchem Unterschenkel und Fuss enthäutet noch verbunden sind, mit scharfem Schnitte abschneidet und den frischen Querschnitt auf die Oberfläche eines andern Theiles desselben Nerven fallen lässt, so entsteht bei reizbaren Fröschen im Augenblicke der Berührung eine Zuckung. Dubois [1]) legt den Nerven auf zwei Salzbäusche, die mit Eiweisshäutchen bedeckt sind, auf und zwar den Querschnitt an den einen, den Längsschnitt auf den andern und schliesst die Kette mit einem dritten Bausche. Indess finde ich gerathener, weil Salz an sich die Nerven nicht nur reizt, sondern auch erst reizbar macht und dann bald abstumpft, die Bäusche bloss mit destillirtem Wasser zu befeuchten. (Vgl. auch §. 265, p. 628.)

Nervenkraft und Elektricität.

242. In Folge der Entdeckung der Elektricität in den Nerven sprachen manche Physiologen die Vermuthung aus, dass Nervenkraft nur aus der elektrischen Eigenschaft der Nerven abzuleiten sei. Bei der Eigenthümlichkeit der Erscheinungen im Nervensystem, von denen manche wie die Empfindung ohne Analoga sind, bei der Erfahrung, dass so viele andre organische Körper, z. B. Äpfel, Birnen, Pfirsiche, Aprikosen, Pflaumen u. s. w. (s. Dubois, Untersuchungen, I, 9) auch elektrische Ströme zeigen, möchte grosse Vorsicht anzuempfehlen sein, abgesehen davon, dass zwei Kräfte sehr ähnliche Erscheinungen darbieten können, ohne doch identisch zu sein. So ist es beispielsweise mit dem Magnetismus und der Elektricität. Keinesfalls ist es gestattet, wie bis heute die Thatsachen vorliegen, elektrische und Nervenkraft zu identificiren.

4) Organische Eigenschaften der Nerven.

Organische Eigenschaften der Nerven, 243—359.

243. Die organische Action der Nerven bezieht sich a) auf Gefühl und Empfindung; b) auf Bewegung; c) auf Ernährung.

Für das Gefühl, für die meisten Empfindungen, für die Anregung der Muskeln zur Bewegung sind besondere Nerven vorhanden,

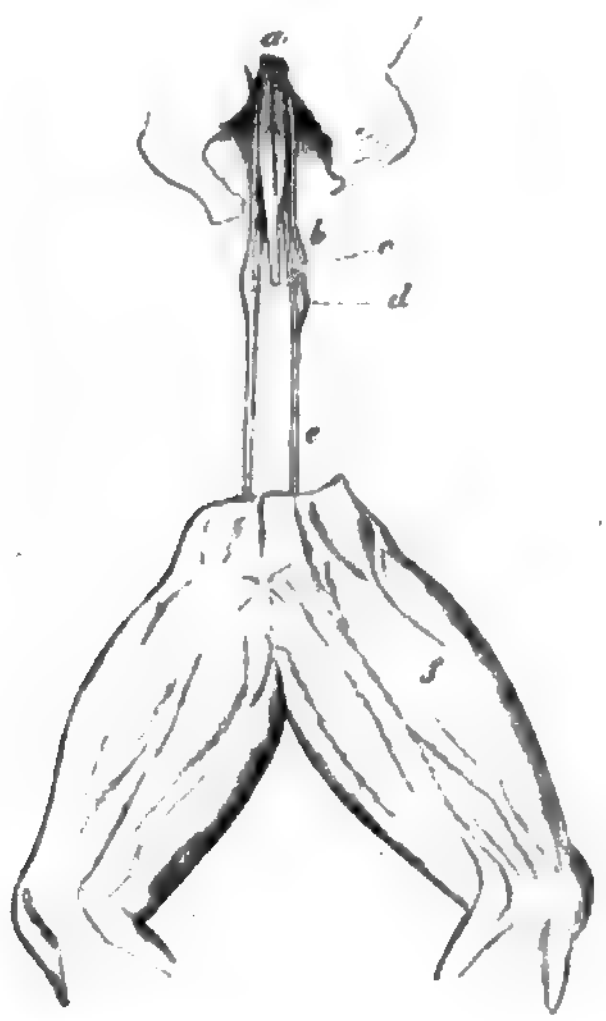
---

1) Dubois in Fortschritte der Physik. Berlin 1852, Jahrg. IV, p. 314.

welche man als Gefühls- (sensible oder sensitive), Empfindungs- (sensuelle) und Bewegungs- (motorische) Nerven bezeichnet. Wie es sich hinsichtlich der auf die Ernährung wirkenden Nerven verhält, darüber herrscht noch keine Gewissheit.

244. Die Nerventhätigkeit ist mit keiner wahrnehmbaren Bewegung in den Nervenfasern verbunden. Wenn man daher von einem Nervenfluidum spricht, so will man damit nur der Kürze wegen einen Namen für ein übrigens bis jetzt unbekanntes Agens bezeichnen; ebenso wie man von einem galvanischen Fluidum oder einem Wärmestoff u. s. w. spricht. Wird der Ausdruck: Nervenfluidum in dieser Weise genommen, so ist er zur Veranschaulichung sehr zweckmässig. — In diesem Sinne ist es auch gestattet von einer Fortpflanzung des Nervenfluidums zu sprechen, wenn es eben nur zu einer vorläufigen Verständigung dienen soll.

Fig. 182.



a Hinterer Theil eines Froschrückenmarkes; *b* eine hintere Wurzel, vor dem ganglion spinale *d* durchgeschnitten; *c* vordere Wurzel; *e* Nerve, entstanden aus den beiden Wurzeln; *f* Schenkelmuskeln.

Die Leitung des Nervenfluidums kann entweder gegen die Centralnerventheile, d. h. Gehirn und Rückenmark, hingerichtet, also centripetal, oder umgekehrt von den Centraltheilen gegen die Peripherie, d. h. centrifugal gerichtet angesehen werden. — Man kann sich von dieser Richtung durch Versuche überzeugen. (Siehe Fig. 182.)

Sowohl von der hintern (bei Thieren: obern) als auch von der vordern (untern) Fläche des Rückenmarks kommen Nerven hervor, die sogenannten hintern (*b*) und vordern (*c*) Nervenwurzeln. Nachdem beide eine Strecke weit gesondert liegen, vereinigen sie sich und gehen mit einander verbunden (*e*) aus dem foramen intervertebrale heraus. Durchschneidet man eine vordere Wurzel nahe dem foramen intervertebrale und reizt das mit dem Rückenmarke zusammenhängende Stück, so erfolgt gar keine Wirkung. Durchschneidet man hingegen eine vordere Wurzel nahe dem Rückenmarke und reizt dieselbe, so entstehen Zuckungen in Muskeln (*f*), zu welchen die Nerven hingehen, die der vordern Wurzel angehören. Durchschneidet man hingegen eine hintere Wurzel nahe dem foramen intervertebrale und reizt das mit dem Rückenmarke zusammenhängende Ende (*b*), so entstehen starke Bewegungen, welche der Art sind, dass sie Schmerz andeuten. Durchschneidet man eine hintere Wurzel in der Nähe des Rückenmarks und reizt dann das peripherische Ende bei *d*, so bleibt jede Wirkung aus. Hieraus muss man schliessen, dass die Leitung des Nervenfluidums in den hintern Nervenwurzeln centripetal, in den vordern Nervenwurzeln hingegen centrifugal ist.

Wir werden jedoch unten bei der Spezificirung der Nerven diesen Gegenstand genauer analysiren.

245. In den meisten Nerven des Rumpfes liegen Fasern, welche den hintern, und Fasern, welche den vordern Wurzeln angehören, neben einander. Wenn daher z. B. der n. ischiadicus durchgeschnitten wird, so sieht man ebensowohl Wirkung, wenn man das Ende des durchschnittenen Nerven, welches gegen die Zehen, als dasjenige, welches gegen die Wirbelsäule gerichtet ist, reizt. Die Wirkung, welche nach der ersten Reizung erfolgt, hängt von den Fasern ab, welche den vordern Wurzeln angehören, und die Wirkung, welche nach der zweiten Reizung erfolgt, von den Fasern, welche den hintern Wurzeln angehören.

246. Hingegen gibt es auch Nerven im Körper, in welchen nur centripetale oder nur centrifugale Fasern liegen, so weit wenigstens bis jetzt die Beobachtung gelehrt hat. Durchschneidet man z. B. den n. infraorbitalis und reizt das der Lippe näher liegende Ende, so fehlt jede Wirkung; reizt man hingegen das andere Ende, so zeigen sich deutlich Schmerzäusserungen. Wenn man das centrale Ende des durchschnittenen n. oculomotorius oder des n. sympathicus am Halse (d. i. das untere, gegen die Brust liegende) reizt, so sieht man keinen Erfolg, während die Reaction nie fehlt, wenn man das nicht mit den Centraltheilen zusammenhängende Stück reizt.

Digitized by Google

247. Die hintern Nervenwurzeln des Rückenmarks werden mit dem Namen der Gefühlswurzeln bezeichnet; die vordern mit dem Namen Bewegungswurzeln. Charles Bell [1]) hat die wichtige Entdeckung gemacht, dass, wenn jene bei lebenden Thieren gereizt werden, Schmerz entsteht, dagegen Reizung der vordern Wurzeln ganz schmerzlos ist, aber Bewegung hervorbringt. Zwar entstehen auch Bewegungen, wenn man die hintere Wurzel reizt, jedoch nicht auf directem Wege, sondern nur dadurch, dass die Reizung sich auf das Rückenmark und von da auf die Bewegungswurzeln fortpflanzt. Denn wäre die Wirkung eine directe, so würde auch Bewegung entstehen, wenn man die hintere Wurzel durchgeschnitten hätte und nun das peripherische, nicht mehr mit dem Rückenmarke verbundene Ende reizte, wie es bei den vordern Wurzeln der Fall ist. — Am Besten stellt man den Versuch über die Function der Nervenwurzeln (wie zuerst J. Müller [2]) gezeigt hat) an Fröschen an; zweckmässig ist folgendes Verfahren: Man ätherisire den zu operirenden Frosch, schneide die Rückenhaut ein, entferne mit einer Zange die drei letzten Wirbelbogen, lege das Rückenmark frei, stille die Blutung, hebe nach einander die 7., 8., 9. hintere Wurzel einer Seite mit einer Nadel in die Höhe und durchschneide die einzelnen. Sodann nähe man die Hautwunde wieder zu. An einem andern Frosche durchschneide man die entsprechenden vordern Wurzeln, unter dem gleichen Verfahren. Beide Thiere lasse man am Leben. Während der erstere seine Beine beim Springen, wenn auch das operirte weniger geschickt als das nicht operirte, gebrauchen kann, entsteht keine Reaction, wenn man ein Stück davon abschneidet. Der zweite Frosch schleppt sein vollständig gelähmtes Bein nach, aber ein leichtes Kneipen hat abwehrende Bewegungen der andern Extremitäten zur Folge. Man kann aber auch an einem und demselben Frosche auf der einen Seite die vordern, auf der andern Seite die hintern Wurzeln durchschneiden. Jedoch gebe ich dem erstgenannten Verfahren den Vorzug.

248. Man hat dieser von Ch. Bell gemachten Entdeckung den Namen Bell'sches Gesetz gegeben, es hat sich bei allen Wirbelthieren bestätigt. Man findet zuweilen, dass bei Hunden, an denen die beiden Wurzeln blossgelegt worden sind, eine mechanische Reizung der vordern Wurzeln bei vollständiger Schonung der hintern Schmerzensäusserungen veranlasst, wie zuerst Longet sah. Ma-

Bell'sches Gesetz.

---

1) Ch. Bell, Phys. und path. Unters. des Nervensystems, aus dem Englischen von M. H. Romberg. Berlin 1832.

2) J. Müller in Froriep's Notizen 1831, No. 646—647. — Ann. des sc. nat. 1831.

Digitized by Google

gendie[1]) hat indess berichtet, dass wenn die hintern Wurzeln zuvor durchschnitten waren, niemals eine solche Erscheinung eintritt, was auch von Bernard und Schiff bestätigt wurde. Wenn man in einem solchen Falle, in welchem die Empfindlichkeit der vordern Wurzel vorhanden ist, dieselbe durchschneidet, so bleibt die Empfindlichkeit nur am peripherischen, nicht am centralen Stücke. Man nimmt daher an, dass an der Stelle, an welcher die beiden Wurzeln zusammen treten, sensible Fasern von der hintern Wurzel zu der vordern hinlaufen, und nennt daher die Erscheinung: rücklaufende Empfindlichkeit. Bernard[2]) will sie vorzugsweise bei gut genährten, nicht zuviel angestrengten Thieren beobachtet haben.

249. Über die Gehirnnerven wird passender am Schlusse der Nervenphysiologie gehandelt.

Ermüdung der Nerven.

250. Ausser der organischen Eigenschaft der Nerven, nach welcher dieselben in sensible, sensuelle und motorische zerfallen, ist besonders noch eine hervorzuheben, die Ermüdung. Jeder Nerve wird nach einiger Zeit seiner Thätigkeit abgestumpft und erholt sich dann wieder. Diese Erscheinung lässt sich am Besten am Schlafe nachweisen. Jedoch können die Eigenschaften des Schlafs, weil sie complicirterer Art sind, erst weiter unten entwickelt werden.

Gedächtniss. Gewohnheit.

251. Wahrscheinlich kommen allen Nerven noch zwei organische Eigenschaften zu, welche jedoch bis jetzt noch nicht einer genauern Analyse unterworfen worden sind, nämlich Gedächtniss und Gewohnheit. Wir kennen diese beiden Erscheinungen bis jetzt nur vom Centralnervensystem. Das Gedächtniss ist, soweit es in das Gebiet der Physiologie gehört, der Reproduction gleich zu setzen, indem gewisse Veränderungen (molekulare Bewegungen), welche durch eine Erregung der Sinnesorgane in dem Centralnervensysteme hervorgerufen worden sind, später und selbst nach langer Zeit in Folge analoger, von Neuem einwirkender, jedoch nicht derselben Erregungen, welche früher die Veränderung erzeugt hatten, sich reproduciren. Die Erregungen sind, soviel man weiss, stets psychische, nämlich Vorstellungen. Es ist nicht bekannt, ob nicht auch in den peripherischen Nerven solche Reproductionserscheinungen vorkommen. Namentlich ist noch zu untersuchen, welchen Antheil an der Übung die peripherischen sensiblen und motorischen Nerven haben.

252. Die Gewohnheit beruht gleichfalls, soviel bis jetzt ermittelt ist, auf der Mitwirkung eines psychischen Aktes, nämlich der Aufmerksamkeit. Diese nimmt ab, wenn die Anregungen zur Empfindung

---

1) Longet, rech. sur les fonct. de la moëlle épinière. Paris 1841.
2) Bernard in C. r. Paris 1847. XXV, 104.

Digitized by Google

sich wiederholen. Ob auch in den Nerven selbst eine analoge Erscheinung vorkommt, ist gleichfalls unbekannt.

Erfordernisse zum Fortbestehen der organischen Eigenschaften der Nerven.

253. Damit die organischen Eigenschaften der Nerven sich kund geben, sind gewisse Erfordernisse nothwendig, ohne welche sie nicht fortbestehen können, nämlich a) Blutzufluss, b) Zusammenhang mit den Centraltheilen, c) ein bestimmter Grad von Erregung, d) die normalen Mischungsverhältnisse.

a) Blutzufluss.

254. a) Blutzufluss. Bei warmblütigen Thieren hebt die Unterbindung der aorta abdominalis ausserordentlich rasch das Gefühl im Rückenmark auf. Wenn man, wie ich oft gethan habe, bei einem Kaninchen nach geöffneter Bauchhöhle die aorta unterbindet und so rasch als möglich das Rückenmark blosslegt, so wird schon jetzt die Anwendung des stärksten Inductionsstromes ertragen, ohne dass das Thier das geringste Zeichen von Schmerz von sich gibt. Man kann mit einer Scheere ein ganzes Glied abschneiden, ohne dass das Thier es fühlt. — Kaum eine Minute nach der Unterbindung hat der Wille seinen Einfluss verloren. Die Hinterextremitäten werden nachgeschleppt, als ob das Rückenmark durchschnitten wäre. Galvanische Reize auf die Nerven selbst angewendet, bringen keinen Schmerz hervor, aber noch eine kurze Zeit Muskelbewegung, welche auch baldigst ausbleibt. — Wenn es nun auch wahrscheinlich ist, dass durch Blutentziehung die Muskelfaser selbst leidet und man vielleicht dadurch die motorische Lähmung erklären könnte, so beweisen die Gefühlserscheinungen deutlich, dass die Nervenmasse selbst, namentlich das Rückenmark, zu seiner Functionsübung des Blutes bedarf. — Wird einem solchen Thiere Blut wieder zugelassen, indem man eine Unterbindungspincette, welche angelegt war, wieder öffnet, so kehren das Gefühl und später auch die willkührlichen Bewegungen wieder vollständig zurück.

Bei kaltblütigen Thieren wirkt die Entziehung des Blutes oft erst nach Tagen lähmend.

255. Die Ursache, weshalb bei warmblütigen Thieren die Wirkung so rasch erfolgt, liegt höchst wahrscheinlich in der plötzlichen Entziehung des Sauerstoffs und es ist ganz die analoge Erscheinung, als wenn man plötzlich den Kehlkopf zudrückt, wodurch gleichfalls die Empfindung rasch aufgehoben wird. Bei kaltblütigen Thieren ist das Sauerstoffbedürfniss ausserordentlich viel geringer, weshalb auch die Lähmung nach Entziehung von allem Blute viel später eintritt. [1])

1) Man vgl. Stannius im Archiv für phys. Heilk. 1852, XI. — Brown-Séquard in C. r. 1851, XXXII, 855 u. 897. — Schiff, Physiol. I, 102. — Budge in Deutscher Klinik. 1860.

Digitized by Google

256. Wenn die vollständigste Abschliessung des Blutes die Nervenfunctionen so beträchtlich stört, so lässt sich auch erwarten, dass verminderte Blutbereitung nicht ohne grosse Wirkung auf das Nervenleben ist. Die Beobachtung lehrt in dieser Beziehung, dass durch schlechte Ernährung und Blutmangel zwei Zustände eintreten, von welchen der erste den niederen und der zweite den höhern Grad bezeichnet. In jenem treten die Erscheinungen der sogen. erhöhten Reizbarkeit auf, in welchem die Nerventheilchen durch ihre Beweglichkeit sich auszeichnen und leicht aus ihrer Gleichgewichtslage verrückt werden, indem das Streben vermindert ist, den Ruhezustand herbeizuführen. Im ausgebildetern Stadium der Anämie ist die Empfindlichkeit herabgesetzt.

b) Zusammenhang mit den Centraltheilen.

257. b) Zusammenhang der Nerven mit den Centraltheilen ist die zweite Bedingung, von welcher die Erhaltung der Erregbarkeit abhängt. Wie oben schon bemerkt (p. 381), werden die Nerven, welche durchschnitten worden sind, fettig entartet und es ist hauptsächlich die Verbindung mit den Ganglienkugeln, welche die normale Nervenstructur unterhält.

258. c) Ein gewisser Grad von Erregung. Wird ein Nerve gar nicht erregt, so wird er allmählich fettig entartet und verliert daher vollständig seine Erregbarkeit. Daher werden die Nerven eines Gliedes reizlos, wenn dasselbe lange Zeit gelähmt oder aus irgend einer Ursache nicht gebraucht und keiner Erregung ausgesetzt worden war. Es ist wahrscheinlich, dass bei dem Aufhören der Thätigkeit die Menge von Blut, welche überhaupt bei Nerven nur gering ist, noch mehr sich vermindert und daraus die endlich eintretende fettige Entartung sich erklärt. Daraus wird es auch deutlich, dass hier viele individuelle Verhältnisse obwalten. Je nachdem in einem Falle der Blutzufluss stärker oder schwächer sich unterhält, wird die Wirkung mehr oder weniger auffällig.

Da auch die zu starke Erregung einen Nerven tödtet, so kann also dieselbe Folge durch zwei gerade entgegengesetzte Veranlassungen hervorgerufen werden. Indess wirken die beiden Ursachen dadurch in gleicher Weise, dass durch beide ein Erforderniss zum Bestehen der organischen Nerventhätigkeit aufgehoben wird. Denn in dem einen Falle wird der Nerv dadurch getödtet, dass ihm die Nahrung fehlt, in dem andern Falle durch die chemische Zersetzung, welche ein starker Reiz hervorbringt, wie z. B. die mit einem kräftigen elektrischen Strome verbundene Elektrolyse oder die Zerstörung des Nerven durch Anwendung chemischer Reagentien. — Es versteht sich aber von selbst, dass, wenn die anatomische oder chemische Constitution des Nerven alterirt ist, seine Function nothwendig leiden muss.

Digitized by Google

259. d) Normale Mischungsverhältnisse. Nur wenn die Bestandtheile des Nerven so gemischt sind, wie es ihm zukommt, sind seine organischen Functionen ungetrübt. Störungen treten daher z. B. bei Vermehrung oder Verminderung des Wassergehalts ein; ebenso bei Veränderung des natürlichen Kochsalzgehaltes, des Fettes u. s. w. Hierüber ist aber passender bei der Lehre von den Nervenreizen die Rede. d) Normale Mischung des Nerven.

B. Nervenreize.

260. Wenn man sich die Veränderung, welche in den Nerven vorgeht, wenn sie durch irgend einen auf sie einwirkenden Stoff erregt werden, unter dem Bilde einer Bewegung vorstellt, so kann man die Reize als die Antriebe zur Bewegung, als die bewegenden Kräfte betrachten. Man definirt sie als diejenigen Einflüsse, welche den ruhenden Nerven in den Zustand der Erregung, d. i. also der Bewegung, überführen. — Sie kommen darin mit andern bewegenden Kräften überein, dass sie zu einem Theile dazu dienen, die (moleculare) Bewegung zu veranlassen, ein Theil aber von den Widerständen aufgewogen wird. Definition der Nervenreize.

261. Der in den Nerven, welche von Reizen berührt worden sind, entstandene veränderte Zustand gibt sich durch verschiedene Erkenntnissmittel kund, von denen die am meisten bekannten folgende sind: 1) Contractionen in den Muskeln, zu welchen die Nerven hingehen, 2) Gefühls- und Empfindungsäusserungen, 3) Schwankungen der Magnetnadel an dem Multiplicator. Während man Gefühlsäusserungen nur wahrnimmt, so lange die Nerven noch mit ihren Centralorganen in Verbindung sind und Respiration und Circulation noch bestehen, dauern noch eine Zeit lang auch in getrennten Gliedern, deren Nerven gereizt werden, Zuckungen und die Einwirkungen auf den Multiplicator fort. Überhaupt sind diese beiden Erfolge der Reizung einer genauen Beobachtung viel zugänglicher, weil sie durch den Gesichtssinn wahrnehmbar sind und selbst durch das Mass bestimmt werden können. Erkennung der erfolgten Reizung.

262. Zu den Nervenreizen rechnet man einmal äussere, wozu gehören: 1) elektrische, 2) chemische, 3) mechanische, 4) Vibrationen, und zweitens solche, welche im Körper selbst entstehen; so können z. B. psychische Erscheinungen wie Vorstellungen, der Wille, ebenso Veränderungen, welche durch das Licht in der Netzhaut des Auges, durch den Schall im innern Ohre, durch schmeckbare Stoffe auf der Zunge u. s. w. hervorgebracht werden, auf den n. opticus, acusticus, die Geschmacksnerven, endlich Veränderungen im Blute, wie Reize wirken. Man unterscheidet sie als innere Reize. Eintheilung der Nervenreize in innere und äussere.

Digitized by Google

263. Bei den Erscheinungen, welche wir in dem Gebiete des Gefühls und der Empfindungen, oder in den Bewegungen oder endlich an der Magnetnadel beobachten, bemerkt man mannichfache Verschiedenheiten, welche theils von der Qualität und Quantität der Reize, theils von der Erregbarkeit der Nerven abhängen. Wir werden im Folgenden Beides getrennt betrachten.

I. Äussere Reize. a) Elektrische.

a) Elektrische Reize.

264. Um die Elektricität als Reizmittel in seinen Eigenthümlichkeiten kennen zu lernen, gebraucht man constante Ketten, entweder Daniell'sche (Zink-Kupfer) oder Grove'sche (Zink-Platin) oder Bunsen'sche (Zink-Kohle), über deren Construction ich auf die physikalischen Lehrbücher verweise.

Zuckung ohne Metalle.

265. Man kann auch die Elektricität, welche sich in Muskeln, Haut und Nerven bildet, als Reizmittel anwenden, wovon oben p. 464 fg. die Rede war. Es entsteht hier Zuckung ohne Metalle. Am Frappantesten ist die Erscheinung, wenn man den Nerven eines Froschpräparates an einen Muskel des Unterschenkels anlegt. Sie gelingt aber bloss bei reizbaren Fröschen. Schon sieht man es, wenn man den Nerven mit einem Glasstäbchen aufhebt und das scharf abgeschnittene obere Ende auf einen Muskel des mit dem Nerven verbundenen Unterschenkels fallen lässt. Auch beim Entfernen des Nerven entsteht zuweilen wieder eine Zuckung. Manchmal gelingt das Phänomen erst, wenn man ausser dem Querschnitt auch noch einen Theil des Längsschnitts auf den Muskel fallen lässt.

Schliessungszuckung. Pause. Öffnungszuckung.

266. Wenn man an den Nerven eines Froschpräparates (p. 458) die beiden Drähte einer Kette anlegt, so bemerkt man im Augenblicke der Berührung eine Zuckung des Schenkels. Lässt man den Strom weiter durch den Nerven fliessen, so dauert die Zuckung meistentheils nicht fort, sondern der Schenkel liegt vielmehr ganz ruhig, entfernt man nun die Drähte, so sieht man sehr häufig eine zweite, die sogen. Öffnungszuckung entstehen. Somit unterscheidet man die Schliessungszuckung, die Pause und die Öffnungszuckung. — Wiewohl es Regel ist, dass sogleich, nachdem die Kette geschlossen ist, auch die Zuckung aufhört, so geschieht dies doch nicht in allen Fällen. Namentlich gibt schon Dubois-Reymond [1]) an, dass bei sehr starken Stromkräften man zu Zeiten die Muskeln in einer unaufhörlichen Reihe von Zuckungen begriffen sieht. — Pflüger [2]) fand, dass bei den schwächsten Strömen die Fortdauer der Zuckung wäh-

1) Dubois-Reymond, Unters., I, 258.
2) Pflüger in Virchow's Archiv, XIII, 437.

Digitized by Google

rend der Pause nicht vorhanden ist, bei etwas stärkeren Strömen die Wirkung auftritt, bei noch stärkeren wieder fehlt. — Eckhard hatte schon früher solche fortwährende Zuckungen während der Pause beobachtet, sowie schon Ritter während des Geschlossenseins der Kette zuweilen eintretende Zuckungen wahrnahm.

Die Erklärung der Erscheinung, dass der elektrische Strom nur bei seinem Eintritt und Aufhören den Nerven so reizt, dass die Muskeln zu Contractionen veranlasst werden, ist mehrfach versucht worden. In neuerer Zeit hat man sich vorzugsweise der von Dubois gegebenen angeschlossen. Dieser Forscher nimmt nämlich an, dass der Nerv von dem elektrischen Strome nicht erregt werde, wenn er in gleicher Stärke durch den Nerven fliesse, sondern dass der Nerv nur von der Veränderung afficirt werde, welche im Augenblicke des anfangenden und endenden Stromes in ihm erzeugt werde. „Der Nerv antwortet nicht", wie Dubois sich ausdrückt, „auf den absoluten Werth der Stromdichtigkeit, sondern nur auf die Veränderung dieses Werthes von einem Augenblicke zum andern." Er erklärt die beständigen Zuckungen (das sogen. Tetanisiren des Nerven) in Folge bedeutender Stromstärken durch die Elektrolyse (s. p. 453), durch welche eine Zersetzung in den Elementen des Nerven vor sich geht.

Wenn man, wie neuerdings oft geschieht, diese Dubois'sche Erklärung ein Gesetz nennt, so ist das deshalb unrichtig, weil es zu viele Ausnahmen zeigt, was bei einem Gesetze nicht vorkommen darf. Bei sehr reizbaren Fröschen habe ich sehr oft trotz der Anwendung vollständig constanter Ketten die Zuckung länger anhalten sehen, als die Schliessung dauerte. Gewöhnlich hörte sie nach einiger Zeit von selbst auf. Wenn ich mit derselben Vorrichtung einen andern minder reizbaren Frosch [1]) behandelte, so fehlte die Fortdauer. Ich habe sogar wiederholt gesehen, dass die durch den Hautstrom (p. 464) hervorgerufene Zuckung selbst während der Pause anhielt, obgleich es auch hier Regel ist, dass nur im Momente der Schliessung und Öffnung dieselbe entsteht. Ich habe ferner beobachtet, dass bei einem und demselben Schenkel durch dieselbe Stromstärke Zuckungen während der Pause anhielten, und dann wieder fehlten und wieder kamen. — Alles dies kann nicht durch Elektrolyse erklärt werden. Zudem sieht man auch durchaus nicht immer bei starken Strömen die tetanisirende Wirkung eintreten, wie auch Dubois richtig bemerkt. — Es hängt offenbar von der individuellen Reizbarkeit ab, ob auch während der Pause die Zuckungen eine kürzere oder längere Zeit fortdauern.

Die Ausdrucksweise, welche Dubois zur Erklärung gebraucht, ist wie aus dem Obigen hervorgeht, jedenfalls eine unrichtige. —

1) Meistens fand ich rana esculenta reizbarer als r. temporaria.

Digitized by Google

Einerlei, wie wir uns den Vorgang in dem Nerven denken, welcher im Stande ist, im Muskel Zuckung zu erregen, immerhin ist derselbe als moleculare Bewegung aufzufassen. Die plötzliche Erzeugung dieser Bewegung, gewissermassen das Losreissen der bisher ruhenden Theilchen von den Nachbartheilchen bringt eine Veränderung im Nerven hervor, welche sich bis zum Muskel erstreckt, und hier eine Contraction veranlasst. Die Erscheinung, welche wir unter dem Namen der Gewöhnung so häufig an den Gefühls- und Empfindungsnerven kennen, deren Ursache aber nicht entdeckt ist, findet sich auch hier in den motorischen Nerven. Es macht wenig oder keinen Eindruck auf die retina, wenn nur ganz allmählich das Auge aus dem Dunkeln ins Helle gebracht wird, während es schmerzt, wenn der Übergang plötzlich ist; ebenso ist es, wenn man die Wärme sehr langsam steigert. — Ritter und Marianini fanden, dass bei langsam fortschreitender elektrischer Reizung von Froschnerven die Zuckung ganz ausbleibt, selbst wenn die Elektricitätsmenge beträchtlich wird.

Schliessungs- und Öffnungszuckung bei mechanischer Reizung.

267. Einen analogen Versuch kann man durch elektrische Reizung anstellen. Ein mit Strychnin vergifteter Frosch ist ausserordentlich reizbar; berührt man einen Theil mit der Pincette, so entsteht bei der Berührung eine Zuckung, diese hört auf, obwohl derselbe Druck fortdauert, tritt aber von Neuem auf, wenn man die Pincette loslässt. — Es ist auch hier das plötzliche Losreissen und das plötzliche Zurückkehren der Theilchen, und es mag an das Bild erinnert werden, welches Volta gebrauchte, indem er die Zuckung mit einer zurückbäumenden Welle verglich.

Verschiedene Wirkung je nach dem Anlegen der Elektroden.

268. Es ist nicht gleichgültig, in welcher Weise die Elektroden auf die Nerven aufgesetzt werden, ob nämlich senkrecht oder horizontal. Matteucci [1]) fand, dass nur ein Strom, welcher der Länge des Nerven parallel ihn bestreicht, wirksam ist, hingegen der auf seine Axe senkrecht gerichtete völlig unwirksam.

Verschiedenheit der Wirkung nach der Richtung des Stromes im Nerven. Zuckungsgesetz.

269. Durch die Beobachtungen von Pfaff [2]) und Ritter [3]) wurde zuerst gezeigt, dass, wenn der elektrische Strom durch einen Nerven hindurchgeht, eine Verschiedenheit obwaltet, je nachdem der positive Pol demjenigen Theile der durchflossenen Nervenstrecke anliegt, welche näher dem Kopfe oder näher den Füssen ist. Hiernach unterscheidet man zwei Ströme, den absteigenden und den aufsteigenden. Wird z. B. der positive Pol an die Stelle des n. ischiadicus angelegt,

1) Matteucci in Compt. r. 1859, Juin 27, T. XLVIII.

2) Pfaff in Gehler's phys. Wörterb., IV, Abth. 2. — Derselbe über thier. Elektr. u. Reizbarkeit.

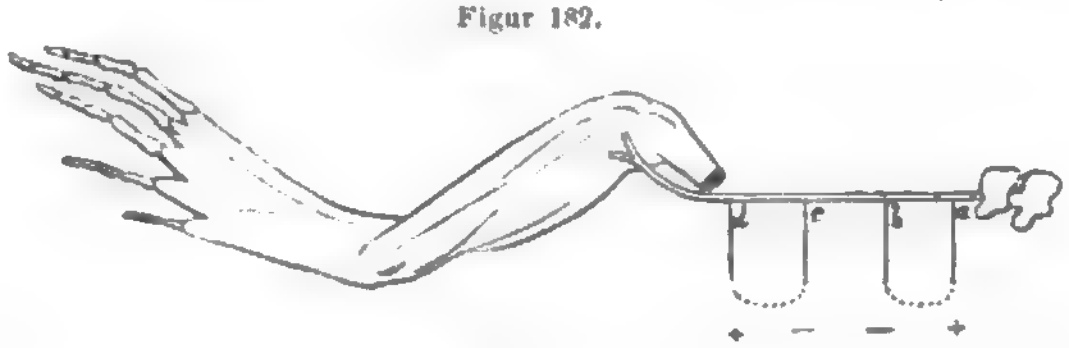
3) Ritter, Beitr. zur nähern Kenntniss des Galvanismus. Jena 1802.

Digitized by Google

welche dem Ursprunge aus dem Rückenmarke näher liegt, und der negative in der Nähe des Unterschenkels, so geht nach der angenommenen Redeweise der Strom (vom positiven zum negativen Pole) von Oben nach Unten, man nennt ihn absteigend; geht er in der Richtung von den Zehen zum Kopfe durch einen Nerven, so heisst er aufsteigend.

In Fig. 182 ist der durch *ab* angedeutete Strom absteigend, der durch *cd* angedeutete aufsteigend; bei *a* und *d* liegt die positive, bei *b* und *c* die negative Elektrode. Die Strecke zwischen *a* und *b*,

Figur 182.



sowie zwischen *c* und *d* heisst interpolar, die Strecke, welche nicht zwischen den Polen, sondern zu beiden Seiten derselben liegt, extrapolar.

Oft bemerkt man, dass nur bei der Schliessung der Kette eine Zuckung entsteht, oder nur bei der Öffnung, oder unter beiden Umständen. Wir bezeichnen die Schliessungszuckung mit *S*, die Öffnungszuckung mit *O*. Die Bedingungen, unter welchen diese Zuckungen bald in der einen, bald in der andern Form auftreten, hat man mit dem unpassenden Namen Zuckungsgesetz belegt.

Ursachen, von welchen die Verschiedenheit des Zuckungsgesetzes abhängt.

270. Die Verschiedenheiten hängen von mehrfachen Umständen ab, von denen bis jetzt folgende genauer bekannt sind: 1) von der Stromesrichtung, ob sie auf- oder absteigend ist, 2) von der Stromesstärke; 3) von der Häufigkeit der Reizung bei derselben Stromesstärke, 4) von den verschiedenen Stellen desselben Nerven.

Einfluss der Stromesrichtung auf den Eintritt bestimmter Zuckungen.

271. 1) Stromesrichtung. Im Allgemeinen gilt als Regel, dass an den Nerven lebender Thiere und gleich nach dem Tode bei beiden Stromesrichtungen, wenn eine geringe Stromesstärke angewandt wird, nur *S* eintritt. So beobachtete Valentin, Bernard, Schiff, [1]) sowie ich selbst. [2]) — Bei Abnahme der Erregbarkeit oder stärkern Strömen wird in der Regel *O* vorwaltend oder allein durch den aufsteigenden, *S* vorwaltend oder allein durch den absteigenden Strom hervorgebracht.

1) Vgl. Valentin, Physiol. II, 2, p. 634. — Bernard, Leçons sur la phys. du syst. nerv., I, 168. — Schiff, Phys., I, 80.

2) Budge in Virchow's Archiv 1860.

Digitized by Google

Auch die Stärke der Zuckung ist nach der Richtung verschieden. Galvani und besonders Pfaff beobachteten, dass die Schliessung eines absteigenden Stromes eine stärkere Muskelzuckung zur Folge habe, als die Schliessung eines aufsteigenden.

Einfluss der Stromesstärke auf den Eintritt von Zuckungen.

272. 2) Stromesstärke. Auf den Einfluss der Stromesstärke haben neuerlich besonders Heidenhain[1]) und Pflüger[2]) aufmerksam gemacht. Namentlich hat der Letztere nur ganz frische Nerven studirt und die durch Absterben, vorhergegangene Reizungen u. s. w. entstehenden Modificationen nicht berücksichtigt. Er gibt an, dass

	die absteigende Richtung zeigt	die aufsteigende Richtung zeigt
bei schwachem Strome	nur *S*	nur *S*.
„ mittelstarkem „	*S* und *O*	*S* und *O*,
„ starkem „	nur *S*	nur *O*.

Dieses Pflüger'sche Zuckungsgesetz, auf welches der Verfasser eine besondere Theorie gründet, ist jedoch nur theilweise richtig. Denn nur bis zu einer gewissen Stromesstärke gibt, wie mich vielfache Beobachtungen lehren, der aufsteigende Strom nur *O*, der absteigende nur *S*. Verstärkt man den Strom über diese Grenze hinaus noch weiter, so treten wieder *S* und *O* ein. — So habe ich z. B. bei Anwendung von 10 Grove'schen Elementen das Pflüger'sche Gesetz richtig gefunden, als ich jedoch 11 anwandte, kam bei dem aufsteigenden *S* und *O*, bei dem absteigenden erst nur *S*; hingegen als ich 12 und mehr anwandte bis 24, so blieben in beiden Richtungen *S* und *O*. — Es versteht sich von selbst, dass man über die Stromesstärke nichts Absolutes aussagen kann, bald reichen 10, bald erst 15 Elemente aus, — was von der verschiedenen Erregbarkeit des Frosches abhängt.

Da also die Beobachtung selbst nicht richtig ist, so kann natürlich auch die Erklärung über die Entstehung der verschiedenen Zuckungen nicht massgebend sein.

Bei den schwächsten Strömen, welche man auf kräftige Frösche anwendet, bemerkt man fast ausnahmslos *S*; meistens, wenn man 1 Daniell'sches Element anwendet. Nimmt man 2 Elemente, so sieht man bei vielen Thieren immer noch *S*, in der Regel aber schon S und *O*, oder bei der ersten Reizung *S*, bei der zweiten *SO*, höchst selten bloss *O*, obwohl auch dies vorkommt. Wendet man bei einem dritten Frosche 3 Elemente an, so ist der Erfolg in der Regel *SO*, selten *O* allein. Wie viel Elemente man gebraucht, um bei der ersten Reizung eines frischen Frosches durch den absteigenden Strom bloss *S* und durch

1) Heidenhain in Arch. f. phys. Heilk. 1857, p. 442.
2) Pflüger, Physiol. des Elektrotonus. Berl. 1859, p. 453.

Digitized by Google

den aufsteigenden bloss *O* zu erhalten, ist sehr schwer zu bestimmen, da die Individualität des Thieres ausserordentlich dabei in Betracht kommt. Man kann zwar sicher sein, um ein Beispiel zu erwähnen, wenn man 12 Grove'sche Elemente aufsteigend wirken lässt, niemals bloss *S* zu erhalten; aber es ist möglich, bloss *O* oder *S* und *O* hervorzurufen; dasselbe ist möglich, wenn man bloss 4 solcher Elemente benutzt. Wenn man hingegen bei einem und demselben Frosche immer stärkere Ströme anwendet, allmählich steigend, so findet man in der Regel die Folge der drei oben angegebenen Stadien, wozu das vierte Stadium *SO*, welches von Pflüger übersehen worden ist, hinzugefügt werden muss.

Einfluss der wiederholten Reizung auf den Eintritt der Zuckungen.

273. 3) Häufigkeit der Reizung. Wenn man an demselben Nerven fort und fort mit derselben Stromstärke reizt, so hört nach einiger Zeit die Wirkung ganz auf. Dies rührt nicht allein davon her, dass das abgeschnittene Glied des Blutzuflusses, also der Ernährung ermangelt. Denn, wenn man das andere Bein ebenso zubereitet ruhig liegen lässt, so sieht man nach derselben Zeit noch bei gleicher Stromesstärke Zuckung nach Reizung eintreten, während das andere, welches anhaltend galvanisirt wurde, nicht mehr unter denselben Verhältnissen reagirt. Während nun der Nerve seine Reizbarkeit verliert, ändert sich aber die Zuckungsart. Man hat daher verschiedene hinter einander folgende Stadien angenommen und meistens bei den schwächsten Reizungen die Versuche angestellt. Es ist dabei möglich, dass manche Stadien übersehen werden, weil sie rasch vorübergehen. Namentlich ist dies bei den ersten Stadien der Fall. Daher erklärt sich, dass nicht alle Beobachtungen übereinstimmen. — Ritter glaubte beobachtet zu haben, dass die Zuckung sich auch darin verschieden verhalte, dass bald die Beuge-, bald die Streckmuskeln in Zuckungen geriethen. Jedoch hat sich dies nicht bestätigt, obwohl übrigens das Zuckungsgesetz von Ritter gut beobachtet ist. — Er nimmt folgende 6 Stadien an, welche wir hier aufführen; die schwache Zuckung bezeichnen wir mit *s* und *o*, die starke mit *S* und *O*.

	bringt der absteigende	aufsteigende Strom hervor
Im 1. Stadium	nur *O*	nur *S*,
„ 2. „	*s O*	*S o*,
„ 3. „	*S* und *O*	*S* und *O*.
„ 4. „	*S* und *o*	*s* und *O*,
„ 5. „	nur *S*	nur *O*,
„ 6. „	nur *s*	keine Zuckung.

Nobili [1]) hat folgendes Zuckungsgesetz aufgestellt:

1) Nobili in Ann. de Ch. et Ph., Mai 1830, XLIV, 60.

Digitized by Google

Stadium	absteigender Strom	aufsteigender Strom
1	*S* und *O*	*S* und *O*.
2	*S* und *o*	nur *O*,
3	nur *S*	nur *O*,
4	nur *s*	keine Zuckung.

Beide Beobachter kommen darin überein, dass bei Reizung mittelst des schwachen absteigenden Stromes die letzte Zuckung eine *S*, und die mittelst des aufsteigenden eine *O* ist, dass der Nerv noch Zuckung zeigt durch den absteigenden Strom, während er vom aufsteigenden nicht mehr erregt wird, dass bevor der Nerv je nach der Stromesrichtung bloss *S* oder *O* anregt, zu beiden Zeiten der Reizung Zuckung erfolgt, sowohl *S* als *O*. Offenbar sind die 4 Stadien Nobili's dieselben, welche Ritter als 3., 4., 5., 6. Stadium bezeichnet. Nun hat Ritter noch die frühern Stadien beobachtet, welche vielleicht bei den reizbarern Fröschen Italiens so rasch verschwinden, dass sie Nobili nicht zu Gesicht kamen. — Über diese frühern Stadien herrschen indess verschiedene Angaben, während die Nobili'schen, welche sich auch auf die spätern Stadien beziehen, als sicher zu betrachten sind. Ich habe selbst viele hundert Versuche der Art angestellt und mich von der Richtigkeit der Nobili'schen Angaben überzeugt, wenn man nämlich von den allerersten Stadien absieht. Man sieht aber in der Regel bei nicht zu reizbaren Fröschen ein allmähliches Übergehen bei dem absteigenden Strome zur *S*, und bei dem aufsteigenden zur *O*. — Was nun die frühern Stadien anlangt, so ist entschieden richtig, dass sowohl bei dem absteigenden, als aufsteigenden Strome, wenn man die Reizung eben gleich nach der Präparation beginnt, *S* die erste Zuckung ist. Niemals sieht man bei Anwendung der schwächsten Ströme dies anders, wenn man im Leben den Versuch macht, als dass stets *S* erfolgt. Um denselben rein anzustellen, muss man bei einem ätherisirten Frosche die Wirbel aufbrechen und die hintern Wurzeln des 7., 8., 9. Nerven durchschneiden, die Wunde wieder zunähen und die vollkommene Erholung des Thieres abwarten, dann den n. ischiadicus reizen. — Meinen Beobachtungen zufolge kann bei dem absteigenden Strome die dem Nerven während des Lebens und unmittelbar nach dem Tode eintretende *S* wieder verschwinden und *O* eintreten, dann kommt wieder *s* hinzu, verstärkt sich und *O* wird kleiner und hört endlich ganz auf. Aber die *O* kann so kurze Zeit andauern, dass sie übersehen wird. — Ich habe ferner beobachtet, dass, wenn eine solche *O* auftritt und man hinter einander reizt, diese verschwindet und die *S* zum Vorschein kommt. — Man sieht also, dass Ritter's Zuckungsgesetz vollkommen richtig ist; nur dass beim absteigenden Strome

Digitized by Google

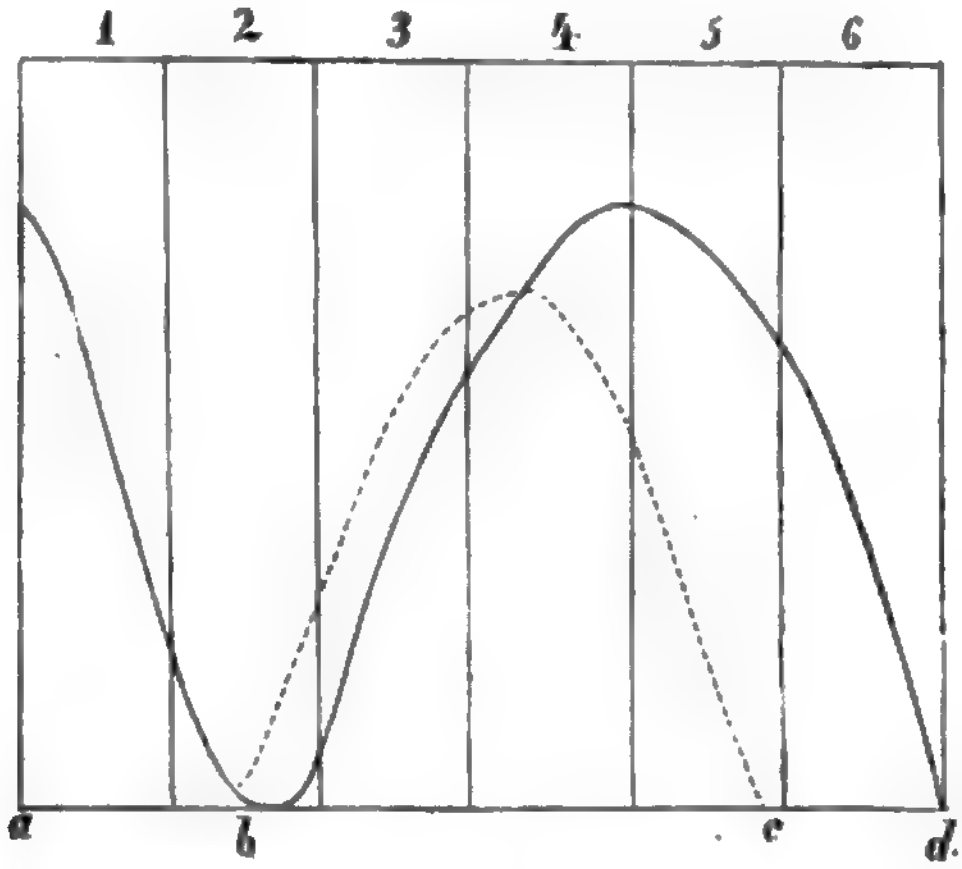
die allerersten Stadien von ihm nicht beobachtet wurden. Sonach würde also das Zuckungsgesetz bei schwachen Strömen in folgender Weise sich zeigen, wie es am Stamme des n. ischiadicus beobachtet worden ist:

absteigender Strom.	aufsteigender Strom.
S	*S*
s O oder *O*	*SO*,
SO	*SO*,
SO,	*sO*,
So	*O*,
S	*o*,

wobei erstens zu bemerken, dass der aufsteigende Strom eher zu wirken aufhört, als der absteigende und dass bei letzterm das zweite und dritte Stadium oft verschwindend kurz ist.

274. Zur Veranschaulichung dienen die beiden Figuren 183 und 184, jene entspricht dem absteigenden, diese dem aufsteigenden Strome. Die Ziffern sollen die Stadien andeuten; die Buchstaben hingegen das Gebiet der Stromstärke. Zwischen *a* und *b* liegt das Gebiet der geringsten Stromstärke, zwischen *b* und *c* das der grössern, zwischen *c* und *d* das Gebiet der noch grössern.

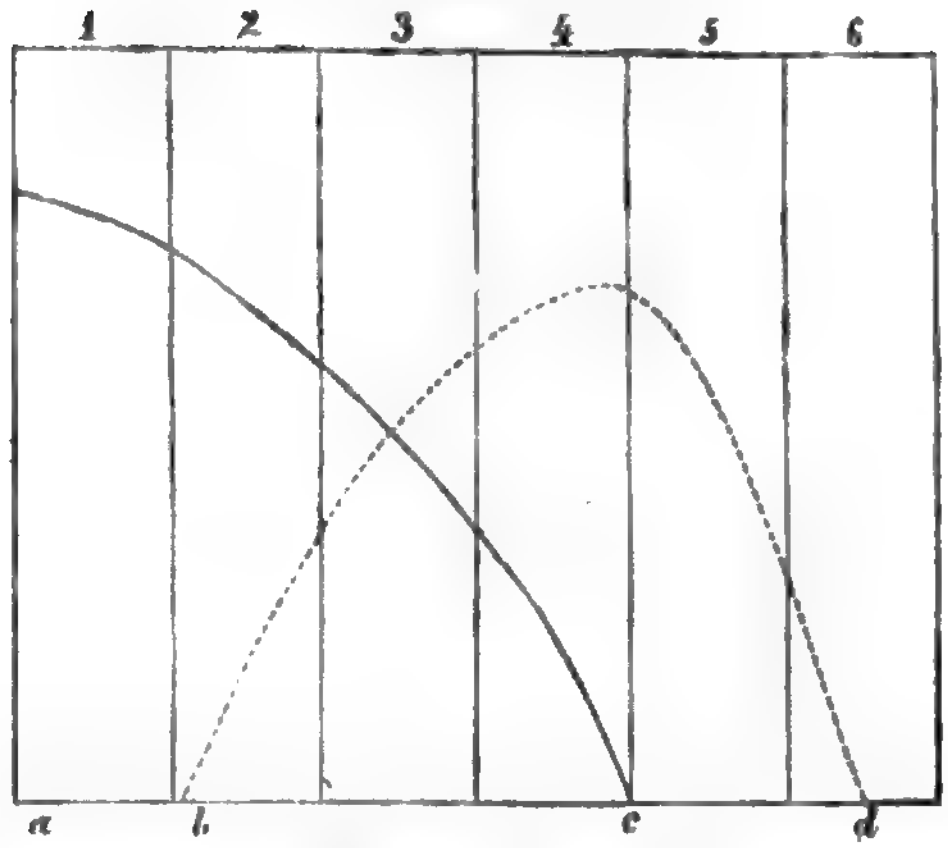
Figur 183.



Zur Veranschaulichung des absteigenden Nervenstromes. Die gebrochenen Linien zeigen die Öffnungszuckung von *b*—*c*, die ganzen die Schliessungszuckung von *a*—*d* an. 1—6 Stadien.

Digitized by Google

Figur 184.



Zur Veranschaulichung des aufsteigenden Stromes. *a—c* Schliessungs- und *b—d* Öffnungszuckung. 1—6 Stadien.

Zuckungsgesetz an den Nervenwurzeln.

275. Longet und Matteucci haben beobachtet, dass das Zukkungsgesetz für die Nervenwurzeln und die Vorderstränge des Rückenmarks nicht mit dem für die Nervenstämme übereinstimmt, was auch Schiff [1]) bestätigt, dessen Angabe die folgende Tabelle entnommen ist.

Absteigender	Aufsteigender
Strom für die Nervenwurzeln	
S	*S*,
S	*SO*,
SO	*SO*,
O	*S*,
—	*S*.

Hiernach ist also für die Wurzeln ein umgekehrtes Verhalten, als für die Stämme. — Valentin hat beobachtet, dass an stark erkälteten Nerven auch eine solche Umkehr mitunter beobachtet wird. Es ist mir, wenn auch selten, zuweilen bei scheinbar gesunden Fröschen diese Erscheinung vorgekommen.

Einfluss der Reizung verschiedener Stellen desselben Nerven auf den Eintritt von Zuckungen.

276. 4) Verschiedene Nervenstellen. Wenn man an dem n. ischiadicus vier gleich grosse Abtheilungen sich bezeichnet und reizt jede für sich, anstatt den ganzen Nerven zu reizen, so ist die Wirkung nicht in jeder Abtheilung die gleiche. Aus den zahlreichen Beobachtungen, welche ich angestellt habe, sei hier nur eine erwähnt.

1) Schiff, Phys., I, 82.

Digitized by Google

Ein Daniell'sches Element. Aufsteigender Strom.

A. [1]	B.	C.	D.
SO	*So*	*S*	*S*,
SO	*So*	*S*	*S*,
SO	*S*	*S*	*S*,
SO	*So*	*So*	*S*.
SO	*S*	*So*	*So*,
sO	*So*	*So*	*So*,
sO	*So*	*So*	*So*,
sO	*so*	*So*	*So*,
sO	*so*	*So*	*So*,
O	*O*	*So*	*So*.
O	*O*	*So*	*S*,
O	*O*	*O*	*O*,
O	*O*	*O*	*SO*,
—	*o*	*O*	*S*,
—	*o*	*sO*	*s*,
—	*o*	*O*	*s*.
—	*o*	*sO*	*s*,
—	*o*	*sO*	*O*,
—	—	*o*	*O*,
—	—	*o*	*o*,
—	—	*o*	*o*,
—	—	*o*	*o*,
—	—	—	*o*,
—	—	—	*o*.

Der oberste Theil der Nerven ist schon in dem Stadium, in welches der unterste viel später tritt. Beim absteigenden Strome ist das Verhalten ein ähnliches. Ich gebe auch hiervon ein Beispiel.

Ein Daniell'sches Element. Absteigender Strom.

A.	B.	C.	D.
—	*S*	*S*	*S*
S	*SO*	*SO*	*S*
SO	*SO*	*SO*	*S*
SO	*SO*	*SO*	*S*
SO	*SO*	*SO*	*So*
So	*SO*	*So*	*SO*
SO	*SO*	*SO*	*SO*
SO	*SO*	*SO*	*So*

1) *A* bedeutet das dem Rückenmarke, *D* das dem Unterschenkel zunächst liegende Viertel, *B* und *C* liegen zwischen beiden.

Digitized by Google

A.	B.	C.	D.
SO	*SO*	*SO*	*SO*
S	*SO*	*SO*	*SO*
S	*S*	*SO*	*SO*
—	*S*	*SO*	*SO*
—	*S*	*SO*	*SO*
—	*S*	*So*	*SO*
—	—	*So* (*S* fast tetanus	*SO*
s	*s*	*S* (tetanus)	*S*
—	*s*	*S*	*SO*
—	—	*S*	*SO*
—	—	*S*	*S* u. s. w.

Elektrische Reizung der Gefühlsnerven.

277. Elektrische Reize, auf Gefühlsnerven angewendet, bringen Schmerz hervor. Nach ältern Erfahrungen ist zwar während der Schliessung und der Öffnung der constanten Kette der Schmerz stärker, aber er hört nicht auf, so lange die Kette geschlossen bleibt. — Pflüger [1]) schliesst aus Versuchen an Fröschen, dass in den Gefühlsnerven der starke absteigende Strom nur bei der Öffnung Schmerz erzeugt, hingegen der starke aufsteigende nur bei der Schliessung.

Elektrische Reizung der Sinnesnerven.

278. Durchleitung des constanten Stromes durch das Auge bringt Lichterscheinung hervor, welche beim aufsteigenden Strome blau, beim absteigenden mehr roth sein soll (Pfaff). Auch subjective Gehörempfindungen werden mitunter durch solche Einflüsse beobachtet. — Von den Empfindungen in Folge der elektrischen Reize ist bei den Sinnesorganen die Rede.

Elektrotonus.

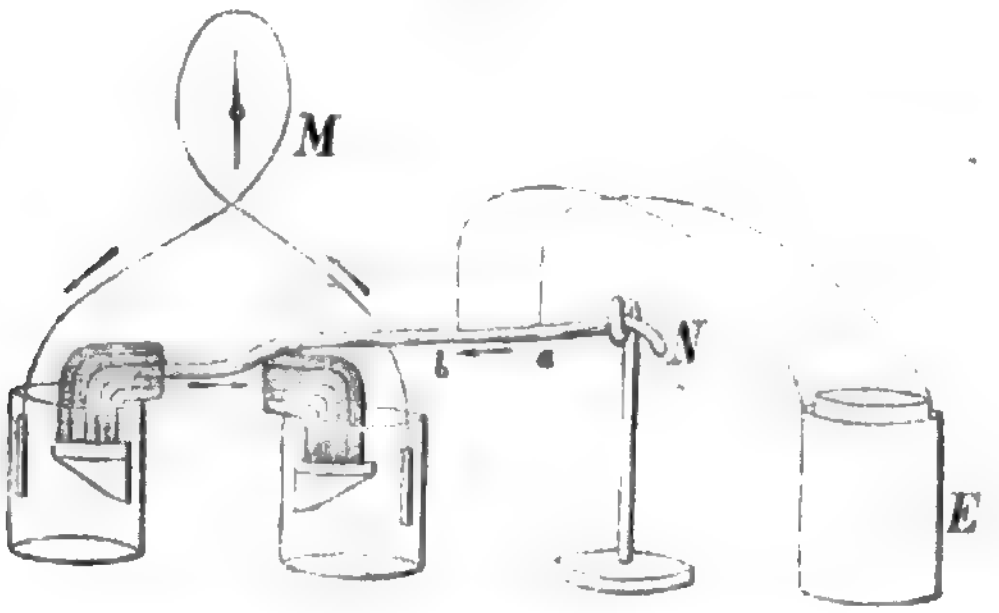
279. Elektrotonus. Man lege einen Nerven so auf die Bäusche, welche mit Eiweisshäutchen bedeckt sind, dass der Querschnitt den einen berührt, der Längsschnitt den andern, wie in beistehender Figur 185 und bringe dann das Ende des Nerven, welches nicht auf den Bäuschen liegt, mit den Polen einer constanten Kette *E* in Verbindung, welche vorläufig noch nicht geschlossen ist. — Sodann wartet man zuerst am Multiplicator *M* die constante Ablenkung der nicht mehr schwingenden Magnetnadel ab, welche durch den Nervenstrom hervorgebracht worden ist, und schliesst die Kette *E*, so dass der Strom durch das Nervenstück *ab* hindurchgeht. Beim Schlusse der Kette geräth die ruhig gewordene Nadel von Neuem in Bewegung und zwar erfolgt je nach der Richtung des elektrischen Stromes die Abweichung entweder nach derselben Seite hin, in der sie bisher gewesen war, erfährt also eine Zunahme (die sogen. positive Phase),

1) Pflüger in allg. med. Centralz. 1859. Nr. 69.

Digitized by Google

oder im umgekehrten Sinne, gegen den Nullpunkt hin oder über ihn hinaus, also eine Abnahme (negative Phase). Der Zustand, in welchem die Molecüle des ganzen Nerven sich befinden, welcher von einem elektrischen Strome an einer Stelle durchflossen wird, heisst der elektrotonische. Ist der reizende, elektrische Strom gleichgerichtet mit dem Nervenstrome, so entsteht die positive Phase, ist er entgegengesetzt, so entsteht die negative Phase. Wenn also bei

Figur 185.



a Fig. 185 der positive, bei *b* der negative Pol den Nerven berührt, so geht der Strom (vom positiven zum negativen Pole), wie der Pfeil es anzeigt. Der Nervenstrom geht aber im Multiplicator vom Längs- zum Querschnitt, also im Nerven vom Quer- zum Längsschnitt, mithin umgekehrt, wie der erregende Strom. Daher weicht die Magnetnadel zurück. Im umgekehrten Falle wächst die Ablenkung, wenn also in der Fig. 185 *b* den positiven, *a* den negativen Pol bedeutet.

Elektrotonus, eine Erscheinung des lebenden Nerven.

280. Bei der Abnahme der Nervenreizbarkeit lässt auch der elektrotonische Zustand nach; durch Unterbindung oder Durchschneidung des Nerven hört er auf. Dies dient zum Beweise, dass die Wirkung auf die Magnetnadel nicht durch Stromschleifen (p. 450) des erregenden Stromes hervorgebracht wird.

Theorie über den Elektrotonus.

281. Nach Dubois lässt sich der Elektrotonus in folgender Weise erklären. Wenn man durch eine Stelle eines Nerven *ab* einen elektrischen Strom durchgehen lässt, so wird jeder Theil des ganzen Nerven in demselben Sinne elektromotorisch wirksam, wie die erregte Stelle. Geht z. B. der durch eine constante Kette erzeugte Strom von *a* nach *b* und durch den Nerven von *b* nach *a*, wie die Pfeile es anzeigen, so ist in jedem Nerventheilchen, z. B. in *c* und *d* eine Thätigkeit angeregt, als ob ein elektrischer Strom,

Figur 186.

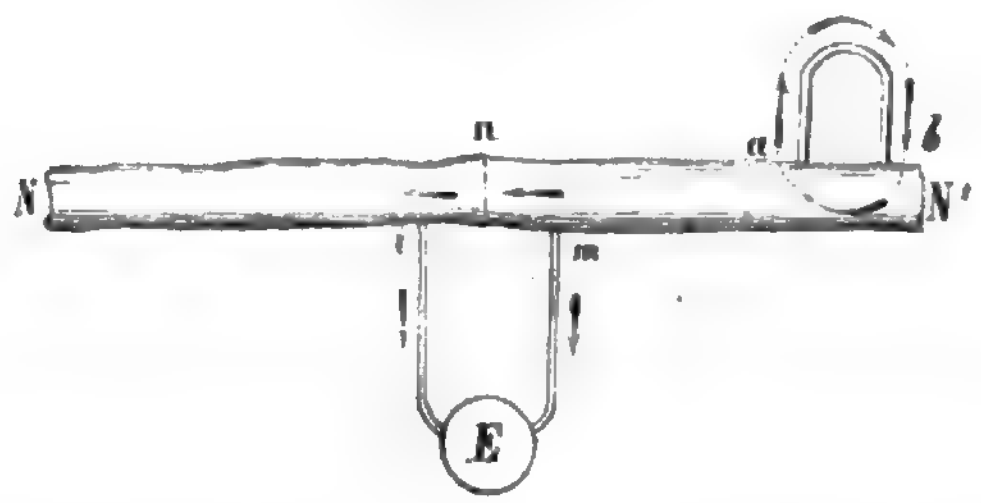
Digitized by Google

wie ihn die Pfeile, die denen in *ba* gleichgerichtet sind, anzeigen, durch diese Theile fliesse. — Nun geht aber durch den Nerven ein Strom vom Quer- zum Längsschnitt, also Fig. 187 von *cf* nach *g* und am andern Ende von *hi* nach *k*, oder im Multiplicator von *g* nach *c* und von *k* nach *h*, wie die Pfeile es andeuten. Wird nun zugleich durch eine constante Kette bei *ab* ein elektrischer Strom, wie ihn die Pfeile andeuten, durchgeleitet, so ist derselbe gleich-

Fig. 187.

gerichtet mit dem ursprünglichen Nervenstrome in *A*, hingegen umgekehrt wie der in *B*. Da nun, wie gesagt, jeder Nerventheil in dem Sinne des erregenden Stromes (*ab*) elektromotorisch wirksam wird, so muss der Nervenstrom in *A* verstärkt, in *B* geschwächt werden. Ist daher links und rechts je ein Multiplicator angebracht, mit welchen das Nervenstück *A* und *B* durch Quer- (*cf*—*hi*) und Längsschnitt (*g*—*k*) verbunden ist, so wird man bemerken, dass, wenn z. B. vor Schliessung der Kette *ab* durch den Nervenstrom die Nadel des linken Multiplicators einen constanten Ausschlag von 2 zeigte, sie in Folge der Schliessung bis 1 zurückweicht, hingegen die Nadel des rechten Multiplicators, welche auch auf 2 stand, noch mehr vorgeht, bis zu 3. — Werden von dem Nerven NN^1 Fig. 188 die

Figur 188.

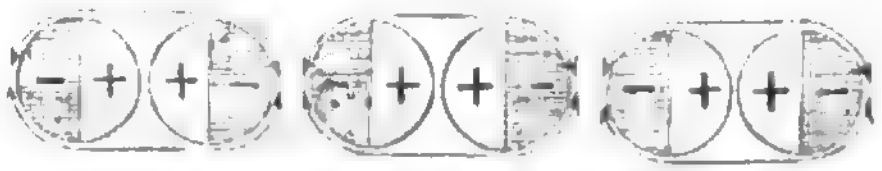


Punkte *i m*, welche gleichweit vom Aequator *n* entfernt, daher unwirksam sind, mit dem Multiplicator in Verbindung gesetzt, so entsteht keine Ablenkung. Lässt man nun einen constanten elektrischen Strom *ab* in der Richtung der Pfeile durchgehen, so entsteht im ganzen Nerven ein Strom in gleicher Richtung, welcher sich im Multiplicator *E* so zu erkennen gibt, wie die Pfeile andeuten.

Digitized by Google

282. Dubois hat auch eine Hypothese aufgestellt, nach welcher er die moleculare Bewegung der kleinsten Theilchen während des Electrotonus zu verdeutlichen sucht. — Wir setzen nämlich voraus, dass die Moleküle dipolar angeordnet sind (p. 462), so dass ein jedes

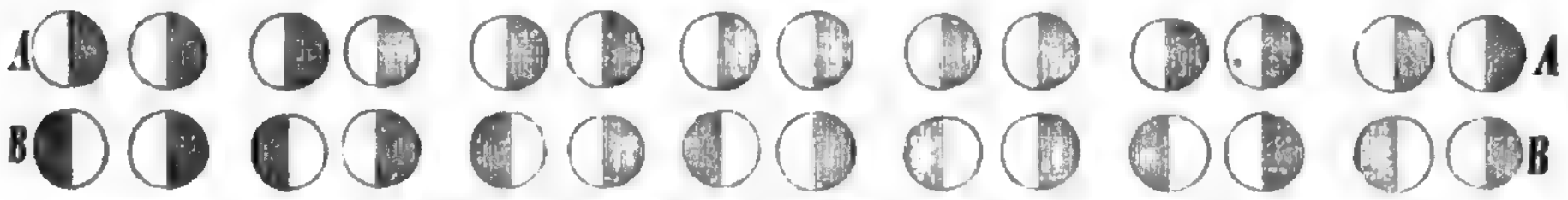
Figur 189.



Anordnung der dipolaren Moleküle im ruhenden Nerven.

aus zwei Elementen besteht, die sich ihre positiven Pole einander zukehren (s. Fig. 189). Wird nun ein elektrischer Strom durchgeleitet, so wendet sich das eine Element des Moleküls um, so dass eine Säule entsteht, in welcher positive und negative Elemente sich folgen, und diese Drehung geht durch den ganzen Nerven (s. Fig. 190). Dubois nennt diese Anordnung **säulenartige Polarisation.**

Figur 190.



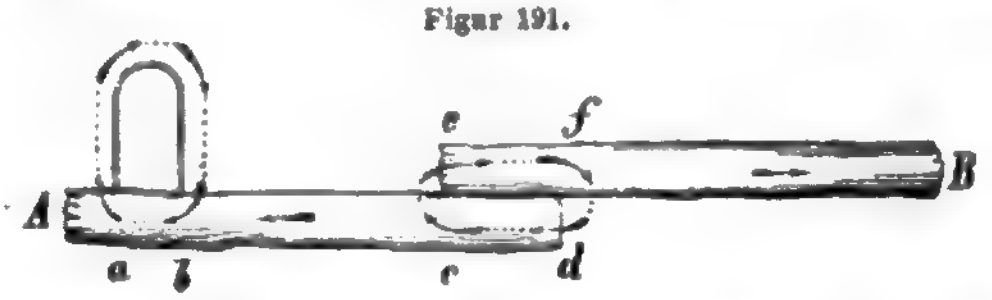
Anordnung der dipolaren Moleküle im galvanisirten oder polarisirten Nerven. *AA* peripolare Elemente im ruhenden Zustande. *BB* säulenartige Polarisation.

283. Der elektrotonische Zuwachs wird um so grösser, je näher die Electroden dem zwischen den Bäuschen des Multiplicators liegenden Nervenstücke (also auch je näher sie dem Multiplicator selbst!) kommen; je stärker der Strom, je länger die galvanisirte Nervenstrecke ist. Er bleibt aus, wenn die Elektroden senkrecht auf die Nerven aufgesetzt werden, und erscheint wieder, wenn der Strom parallel der Längsaxe der Nerven hindurchfliesst.

Secundärer elektrischer Zustand.

284. Werden zwei Nerven *A* und *B* an einander gelegt, wie Fig. 191 darstellt, und *A* durch eine constante Kette *ab* gereizt, so dass der Strom in der Richtung der Pfeile geht, so bleibt auch in derselben Richtung der ganze Nerv elektromotorisch wirksam,

Figur 191.



also auch bei *cd*. Im anliegenden Nervenstücke *ef* fliesst der Strom in der Richtung von *e* nach *f* und so durch den ganzen Nerven *B*, also umgekehrt wie in *A*. — Man nennt dies den **secundären elektrischen Zustand.**

Digitized by Google

Tetanisirung der Nerven.

285. Wenn die constante Kette möglichst kurze Zeit geschlossen bleibt, dann wieder geöffnet und von Neuem geschlossen wird u. s. w., so folgen sich die Zuckungen so rasch hinter einander, dass die erste nicht vorüber ist, wenn die zweite folgt u. s. w. Diese in einander greifende Zuckungsreihe nennt man Tetanus, Starrkrampf, weil dabei die Glieder vollkommen steif werden. Man verfährt am Besten dabei, wenn man die rasch hinter einander einwirkenden Ströme in umgekehrter Richtung zuführt, was sehr leicht durch einen bekannten kleinen physikalischen Apparat, den Pohl'schen Stromwender oder den Poggendorff'schen Inversor, geschehen kann. — Das Tetanisiren kann auch sehr leicht durch einen Inductionsapparat erzeugt werden, sowie durch mechanische und chemische Mittel, endlich besonders durch Vergiftung mit Strychnin.

Wirkung des Tetanisirens auf die Magnetnadel.

286. Wie ein tetanisirter Nerv auf die Muskelfasern einwirkt, so beobachtete Dubois auch einen Einfluss auf die Magnetnadel, deren Ablenkung nämlich immer geringer wird. Man nennt diese Erscheinung negative Schwankung des Nervenstromes. Sie hängt nach Dubois von der Leistungsfähigkeit des Nerven, der Stromdichte, der Länge der erregten Strecke und der Neigung der Elektroden gegen die Längenaxe des Nerven ab, grade wie der Elektrotonus.

Vor Kurzem gab Moleschott [1]) an, gefunden zu haben, dass, wenn ein Nerv vorher in den Zustand des Elektrotonus versetzt worden war und nachher (durch den Inductionsapparat) tetanisirt wird, anstatt der negativen Schwankung, d. h. einer Abnahme der Ablenkung eine positive Schwankung eintreten könne.

Secundäre Zuckung vom Muskeln.

287. Hierhin gehört eine zuerst von Matteucci [2]) beobachtete Erscheinung, die sogenannte inducirte oder secundäre Zuckung vom Muskel aus. Wenn man nämlich zwei Froschpräparate bereitet und legt den Nerven des einen Präparates *A* auf die Unterschenkelmuskeln des andern Präparates *B*, galvanisirt sodann den Nerven des letztern (*B*), so entstehen bei reizbaren Fröschen auch in dem nicht gereizten Beine, dessen Nerv auf dem gereizten Frosche liegt, Zuckungen. Die Unterschenkelmuskeln, welche in Contractionen versetzt worden sind, werden also Erregungen für den darauf liegenden Nerven. Man sieht zwar auch bei sehr reizbaren Thieren, dass die Zuckung erfolgt, wenn ohne Weiteres der Nerv grade auf den Muskel aufgelegt ist. Sicherer ist es aber, wenn der Muskel an zwei Punkten berührt wird, also der Nerv auf einen Glasstab gebrückt wird, oder gar, wenn er mit Quer- und Längsschnitt den Muskel

1) Moleschott in s. Unters. 1861, VIII, 1.
2) Matteucci in C. r. 1842, XV, 797.

Digitized by Google

berührt. Dubois [1]) erklärt diese Erscheinung auf folgende Weise. Während der Contraction des Muskels verändert sich die Dichtigkeit des in dem Muskel vorhandenen Stromes, es entsteht die oben beschriebene negative Schwankung. Durch diese Dichtigkeitsveränderung im elektrischen Strome wird der Nerv erregt. —

Secundäre Zuckung, vom Herzen aus erregt.

288. Kölliker und Müller [2]) haben die secundäre Zuckung auch vom Herzen aus beobachtet. Wird nämlich auf ein Froschherz der Nerv eines reizbaren Froschpräparates gelegt, so entsteht während der Contraction gleichfalls eine Zuckung.

b) Chemische Reize.

Chemische Nervenreize.

289. Zu den chemischen Reizen rechnet man solche, welche die chemische Verbindung der Bestandtheile der Nerven verändern, resp. aufheben, sei es dadurch, dass sie denselben gewisse Stoffe, z. B. das Wasser entziehen, oder auflösen, z. B. das Fett durch Äther, die Proteinsubstanzen durch Alkalien, oder neue Verbindungen mit ihnen eingehen, wie es wahrscheinlich die Säuren und viele Salze thun. — Jedoch lässt sich keine strenge Gränze zwischen chemischen und elektrischen Reizen ziehen, denn durch die Elektrizität entstehen bekanntlich stets Zersetzungen (s. p. 453), wodurch sie auch als chemischer Reiz wirkt. —

Die Art ihrer Wirkung.

290. In stärkerer und längerer Anwendung führen die chemischen Reize zur dauernden Zerstörung der Nervenstelle, auf welcher sie applicirt waren; in geringerer Menge und kürzerer Zeit mit den Nerven in Berührung gebracht, heben sie das Reactionsvermögen derselben nicht auf. Insofern diese Reize eine Zersetzung herbeiführen, so gering dieselbe immer auch sein mag, so wird nach dem Aufhören der Blutcirkulation, also auch bei den zu Versuchen gebrauchten Froschpräparaten, der frühere Zustand nicht mehr herzustellen sein. Indess muss aber neben diesem chemischen Processe auch eine Molekularbewegung vor sich gehen, welche wie die durch elektrische Reize auch wieder aufhören kann und nach welcher die Theilchen wieder in ihre Ruhelage zurückkehren. — Jedoch lässt sich bis jetzt darüber noch kein Aufschluss geben, ob an der gereizten Stelle ein solcher (mechanischer) Vorgang Statt hat. Es versteht sich von selbst, dass, wenn ein Nerventheil mit Salz eine kurze Zeit hindurch oder mit einer verdünnten Lösung befeuchtet wird, der Zerstörungsprocess nur wenig vorschreitet. Legt man daher einen solchen Theil in Wasser, so dass das Salz ganz ausgewaschen wird, so ist er für einen neuen Salzreiz empfänglich, woraus natürlich nicht

1) Dubois-Reymond, Unters. II, 93.
2) Kölliker und Müller in Würzb. Verh. 1854.

Digitized by Google

hervorgeht, dass die Wirkung keine zerstörende gewesen ist. Hingegen wird man nicht umhin können, eine Molekularbewegung jenseits der Gränzen der Reizung anzunehmen. Dafür spricht besonders der Umstand, dass wenn eine Nervenstelle mit einem solchen Reize z. B. Kochsalz in Verbindung gebracht war und danach Zuckungen entstehen, man im Momente diese aufheben kann, wenn man die gereizte Stelle abschneidet. [1])

Es sind über die chemische Veränderung durch sogenannte chemische Reize noch bei Weitem nicht genug Untersuchungen vorhanden, obwohl diese einen wünschenswerthen Aufschluss über diesen Gegenstand bringen würden.

Eintheilung der chemischen Reize.

291. Wir bringen die chemischen Reize unter folgende Rubriken:

a) Reizung der Nerven durch Entziehung gewisser constituirender Bestandtheile. Hierhin gehört vór Allem die Wasserentziehung. Wenn das Froschpräparat einer durch Schwefelsäure, Chlorcalcium u. s. w. ausgetrockneten Luft ausgesetzt, oder unter die Luftpumpe gebracht, oder mit wasseranziehenden Substanzen, wie Zucker, Löschpapier belegt wird, oder nur in einer trocknen Luft bleibt, treten Zuckungen ein, welche wieder aufhören, wenn man den Nerven befeuchtet. [2])

b) Stoffe, welche gewisse Nervenbestandtheile auflösen. Es wären hierhin Äther und Alkohol, welche Fett auflösen, und Kalien, welche die Proteinsubstanzen auflösen, zu zählen. Indess lässt sich nicht behaupten, dass darin ihre reizende Wirkung besteht. Bei allen kommt in Betracht, dass sie rasch Zuckungen erregen, ehe die Auflösung weit fortgeschritten sein kann; beim Äther ist auch die starke Verdunstung, beim Alkohol sein Vermögen, Proteinsubstanzen zum Gerinnen zu bringen, beachtenswerth.

Von den Alkalien stehen Natron und Kali obenan, sowohl als solche, wie ihre kohlensauren Verbindungen. Wird z. B. das Hüftgeflecht eines geköpften Frosches mit kohlensaurem Natron betupft, so sieht man alsbald, nach wenigen Minuten, in den Schenkelmuskeln erst ein blitzartiges Durchfahren, dann Zuckungen, zuletzt heftigen Tetanus. Taucht man einen durchschnittenen Nerven in eine

---

1) Eckhard nimmt an, dass alle chemischen Reize momentan den Nerventod herbeiführen, vgl. Zeitschrift für rat. Med. N. F. I, 303.

2) Vgl. Eckhard, l. c. und Harless in Zeitschrift für rat. Med. 3. Reihe, IV, 188; VII, 219. — Denkschriften der Bair. Akad., XXXI, und Abh. derselben, VIII, 2. — Nach Harless sollen die Zuckungen durch Dämpfe von Ammoniak und Äther gleichfalls aufhören. Über die Wiederbelebung durch Vertrocknung unerregbar gewordener Nerven, vgl. Kölliker in Würzb. Verh., VII, 145, und Zeitschrift für wiss. Zool., IX, 418. — Ordenstein in Zeitschrift für rat. Med., 3. Reihe, II, 145.

Digitized by Google

sehr schwache Lösung (selbst von 0,1% nach Kühne), so entsteht bei reizbaren Thieren schon Zuckung. — Hinsichtlich der reizenden Wirkung des Ammoniaks sind die Angaben verschieden. Humboldt, Funke, Schelske sahen Zuckungen durch dieses Mittel entstehen, nach Eckhard und Kühne bleiben sie aus, meine eignen Beobachtungen stimmen mit denen der Erstgenannten überein.

c) Reize, welche wahrscheinlich mit den Nervenbestandtheilen chemische Verbindungen eingehen. Dazu gehören Schwefel-, Salpeter-, Salz-, Essig-, Oxal-, Wein-, Milchsäure, Kreosot, Chloralkalien, ganz besonders Kochsalz, und fast alle Salze, auch die der schweren Metalle, wie mit Recht Schelske[1]) gegen Eckhard behauptet. Über Antimonbutter s. p. 552. — Auch cyansaures Ammoniak (Harnstoff) gehört hierhin (Kölliker)[2]). Nachdem aus dem Blute alle gerinnbaren Substanzen durch Erhitzung entfernt worden sind, bildet der getrocknete Rückstand ein sehr starkes Reizmittel, vielleicht bloss wegen der Natriumverbindungen. Ebenso wirkt Galle (Budge).[3])

Einwirkung der chemischen Reize auf verschiedene Nerven.

292. Es ist bemerkenswerth, dass viele chemische Reize viel stärker auf die sensiblen, als die motorischen Nerven einwirken. So erregen z. B. die Säuren sehr heftigen Schmerz, wirken aber bei Weitem weniger auf motorische Nerven; sogar bleiben bei minder reizbaren Fröschen zuweilen die Zuckungen nach Anwendung von Säuren ganz aus. Humboldt, Müller u. A. sehen daher, jedoch mit Unrecht, die Säuren gar nicht als Reize für motorische Nerven an. Fixe Kalien hingegen irritiren beide Nervenarten sehr stark.

c) Mechanische Reize.

c) Mechanische Reize.

293. Alle Einflüsse, welche die Continuität der Nervensubstanz aufheben, sind als mechanische Reize zu betrachten, wie Kneipen, Drücken, Stechen, Schneiden. Jedoch macht die Art und der Ort der Einwirkung einen beträchtlichen Unterschied. Wird ein Nerve mit einem scharfen Messer rasch durchschnitten, so bleiben Schmerz und selbst Zuckungen aus, oder sind nur gering, während diese Erscheinungen viel stärker sind, wenn der Schnitt langsam ausgeführt wird. Im letztern Falle wirken zwei Reize ein. Denn beim langsamen Schneiden entstehen nothwendig mehr Ruhezeiten, in welchen das schneidende Werkzeug zugleich auf die Nachbartheile drückt. — Durch jeden Druck auf die Nerven werden die Theilchen aus ihrer Stelle gedrängt und dadurch eine weit sich verbreitende Störung

1) Schelske in Heidelberger Verh. 1859.
2) Kölliker, Zeitschrift für wiss. Zoologie. IX.
3) Budge in Froriep's Tagesber. 1852, No. 475, März, p. 343.

Digitized by Google

erzeugt. Druck und Quetschung sind deshalb stärkere Reizungen als Schnitt, und der Stich steht zwischen beiden. Nach vollbrachtem Drucke werden die aus ihrer Lage verdrängten Theilchen das Bestreben haben, wieder eine Lage zu gewinnen, welche der normalen am Nächsten kommt. Daraus ist erklärlich, dass ein langsamer, unterbrochener Druck weniger reizt, als ein schneller, ununterbrochener, weil im erstern Falle die Theilchen mehr Zeit haben, zur Ruhe zu gelangen. — Wirkt ein Druck so stark oder so nachhaltend, dass dadurch die Nervenmasse zerstört wird, so hört natürlich die Leitung an dieser Stelle auf, als ob eine Durchschneidung vorgekommen wäre. Durch den Druck werden also wahrscheinlich, wenn er in geringerm Grade wirkt, Molekularbewegungen hervorgerufen, welche sich wieder ausgleichen und keine bleibenden Folgen nach sich ziehen; wenn er aber in höherm Grade wirkt, erfolgt eine Zerstörung der Nervenpartikelchen. — Heidenhain [1]) hat den Druck in regelmässigen Intervallen angewandt und ein eignes Instrument dazu erfunden, um damit die Nerven ähnlich wie durch den galvanischen Strom zu tetanisiren.

Dem Druck entgegengesetzt ist die Dehnung, welche besonders für Gefühlsnerven ein starker Reiz ist, und wenn sie einen gewissen Grad überschreitet, sowohl in motorischen als sensiblen Nerven Lähmung zur Folge hat.

Eine eigenthümliche Reizung ist die mechanische Erschütterung, unter welcher man einen plötzlichen Druck auf die Centraltheile des Nervensystems begreift. Ich [2]) habe hierüber folgende Beobachtungen gemacht: „Wenn ein Frosch durch eine starke Erschütterung, durch einen Schlag auf die Erde in tetanus verfällt, so entsteht nach Beendigung desselben ein Zittern in allen Gliedern, welches eine ganze Weile fortdauert. Wenn man nun irgend ein Glied vom Körper lostrennt, aber den Nerven unverletzt lässt, so dass dieser die einzige Verbindung bildet, so treten während der Durchschneidung dieser Theile keine oder nur wenige Reactionen, welche auf Schmerz deuten, ein; hingegen bleibt während und nach der Durchschneidung das Zittern. Sobald man aber auch den Nerven durchschneidet, hört dieses sogleich auf."

d) Thermische Reize.

d) Thermische Reize.

294. Sowohl hohe als niedrige Wärmegrade, grade auf den Froschnerven angewendet, erzeugen Zuckungen. Wie hoch die Temperatur dazu sein muss, hängt vorzugsweise von der Reizbarkeit des Thiers

1) Heidenhain, Phys. Studien. Berlin 1856, p. 127.
2) Budge in Archiv für phys. Heilk. 1846, V, 556.

Digitized by Google

ab. Eckhard gibt eine Temperatur von 45—50° R., Rosenthal von 40—45° C. an, bei welcher Zuckungen entstehen. — Bei sehr reizbaren Fröschen tritt aber die Erscheinung viel früher ein; wird der Nerve einer trocknen Wärme ausgesetzt, so entsteht die Zuckung schon bei der Temperatur des menschlichen Körpers. Oft habe ich gesehen, wenn ich den n. ischiadicus einer grossen rana esculenta auf den Finger legte, so dauerte es gar nicht lange, dass schon Zuckungen und selbst tetanus sich einstellten, welche alsbald aufhörten, wenn ich den Nerven, ohne ihn zu befeuchten, an einen kältern Ort legte. Bei einer Temperatur unter 4° R. entstehen nach Eckhard gleichfalls Zuckungen. [1]) Die sogenannte Gänsehaut ist gleichfalls eine Contraction der glatten Muskelfasern in der Haut. Sie tritt bei sehr verschiedener Temperatur ein. Bei geschwächten Menschen beobachtet man sie schon bei wenig Graden unter 0. — Brachte Eckhard einen Nerven in eine Temperatur von + 6°, dann von + 57°, so entstand keine Zuckung, während er bei einer geringern Differenz (+ 16 und + 60) eine solche beobachtete.

e) Innere Reize.

295. Im Körper selbst können Veränderungen entstehen, welche die Nerven anregen, und zwar kommen solche Veränderungen theils in Gebilden des Nervensystems selbst vor, theils im Blute, und man kann demgemäss die innern Reize in Nerven- und Blutreize theilen. Jene haben wieder einen doppelten Ursprung, nämlich in den Sinnesorganen und in den Centralorganen des Nervensystems. e) Innere Reize.

296. In den Sinnesorganen sind neben den Nervenausbreitungen noch eigenthümliche Apparate vorhanden, welche zunächst von den Erregungen betroffen werden, von welchen die Sinneseindrücke veranlasst werden. Das Licht, der Schall, die riechenden und schmeckenden Körper wirken nicht direkt auf die dafür bestimmten Nerven. Man kann z. B. das hellste Licht auf den n. opticus oder den intensivsten Geruch auf den n. olfactorius wirken lassen, ohne dass die Empfindungen des Sehens und Riechens entstehen. Diese Einwirkungen wirken auf die oben erwähnten Apparate, welche bei den einzelnen Sinnen beschrieben werden, so z. B. im Auge auf die Stäbchen der retina. Diese besondern durch die Sinnesreize affizirten Apparate sind es nun, welche ihrerseits wieder die Nerven anregen. Nervenreizung der Sinnesorgane.

297. Es reihen sich hier ferner die psychischen Reize an. Sie wirken zuerst auf das grosse Gehirn, und von hier aus entsteht wie- Nervenreize durch die Seele erzeugt.

1) Vgl. Eckhard, Zeitschr. für rat. Med., p. 165. — Rosenthal in Funke's Phys. I, 685.

Digitized by Google

der eine Anregung der Nerven. Obgleich die feinern Beziehungen und Wege noch keineswegs aufgeklärt sind, so kennt man doch eine Menge Thatsachen, welche nur in dieser Weise ihre Erklärung finden. So ist hierhin die so häufige Einwirkung der Vorstellungen auf Bewegungen der Muskeln und Gefässe, auf Gefühle und Empfindungen zu zählen, sowie ferner der Einfluss des Willens auf die motorischen Nervenapparate. — Erregungen können auch durch den Gegensatz entstehen, welchen einzelne Theile des Centralnervensystems zu einander zeigen, so dass die Ruhe des einen Organs das andre geneigter macht, affizirt zu werden. So z. B. wird offenbar das Rückenmark nach Abnahme der Gehirnthätigkeit regsamer.

Nervenreizung durch das Blut.

298. Veränderungen des Bluts wirken sehr häufig ebenso gut als wie äussere Reize. Wenn die Blutkörperchen in den feinern Gefässen stocken (s. p. 292), so können der Schmerz und die Muskelcontractionen, welche oft dadurch entstehen, möglicher Weise durch Druck auf Nerven erklärt werden. Anders ist es, wenn gewisse Stoffe ins Blut kommen, welche das Nervensystem reizen, wozu die narcotica gehören, besonders Strychnin. — Man beobachtet ferner, dass durch Mangel gewisser Blutbestandtheile Zuckungen und Schmerzen entstehen. Hier ist aber das veränderte Blut kein Reiz, sondern weil das Blut nicht normal ist, werden Einwirkungen, welche sonst ohne Erfolg sind, zu Reizen.

C. Modalitäten der Erregbarkeit.

Allgemeines. Erhöhte Reizbarkeit.

299. Wenn, wie oben gesagt, die Erregbarkeit der Nerven als eine Bewegungsfähigkeit betrachtet wird, so hängt die Bewegungsgrösse hauptsächlich einmal von den Widerständen ab, welche ihr entgegenstehen, und zweitens von dem Vorrath an Material, welches bewegt werden soll. Oder man kann sich auch folgendermassen ausdrücken: Bei der Erregung der Nerven werden gewisse Kräfte frei, welche theils dazu verwendet werden, um die Widerstände zu überwinden, welche den durch diese Kräfte entstehenden molekularen Bewegungen entgegentreten, theils um durch diese Bewegungen einen gewissen Nutzeffect, als Muskelcontraction, Gefühl etc. in den dafür bestimmten Organen zu bewirken.

Die Erfahrung hat gewisse Mittel kennen gelehrt, deren Einwirkung auf den Körper die Nerven in einen solchen Zustand versetzt, dass Reize, welche gewöhnlich nur eine kleine Zuckung in den Muskeln oder keinen Schmerz erregen, nun heftige Zuckung und bedeutende Empfindlichkeit erwecken, oder dass Gesicht, Gehör, Geruch und Geschmack in einer ungewohnten Weise verfeinert sind. — Man nennt einen solchen Zustand den der erhöhten Reizbar-

Digitized by Google

keit. Man kennt zwar keineswegs alle Ursachen dieses Zustandes, soviel weiss man aber, dass Abnahme der Lebensthätigkeit, Blutentziehungen, Mangel an Schlaf, an Nahrung, aufreizende Gemüthsaffecte, heftige Leidenschaften u. s. w. denselben begünstigen. Wenn wir nun den Zustand der erhöhten Reizbarkeit hypothetisch als einen Zustand grösserer Bewegung in den feinsten Nerventheilchen betrachten, so kann man vermuthen, dass in den lebendigen Nerven ein Bestreben vorhanden ist, dieser Beweglichkeit entgegen zu wirken, und dass dieses Bestreben durch alle schwächenden Ursachen verhindert wird, sich in gewohnter Weise zu äussern. — Man hat hienach kein Recht, erhöhte Erregbarkeit als erhöhte Nervenkraft anzusehen, sondern grade umgekehrt. Der natürliche Widerstand, den die lebenskräftigen Nerven gegen Einflüsse zeigen, welche ihren ruhenden Zustand vermindern, oder wenn man will, ihr Beharrungsvermögen ist geringer geworden. Man kann nun zwar die Nervenkraft nach den Leistungen schätzen, welche durch sie hervorgebracht werden, aber bei Beurtheilung derselben sind immer zwei Factoren zu berücksichtigen, die Grösse und die Dauer. Einer allein kann nie massgebend sein. Wir können aber auch die Grösse und Dauer der Ermüdung, welche einer durch das Nervensystem angeregten Leistung folgt, als Massstab der Nervenkraft betrachten.

Man muss sich also in jedem Nerven zwei Kräfte wirksam denken, durch die eine ist der Nerve bestrebt, die kleinsten Theilchen in ihrem Gleichgewicht zu erhalten, durch die andere in Folge der auf ihn einwirkenden Reize, sich in seinen kleinsten Theilchen zu bewegen. Je mehr die eine Kraft angesprochen wird, desto grösser wird die Spannung der andern. — Es lässt daher scheinbar von selbst eine Wirkung nach, welche eine Zeit lang bestanden hat, weil die gegenwirkende Kraft das Uebergewicht gewonnen hat. So stellt sich im Körper ein beständiges Schwanken zwischen Ruhe und Thätigkeit im Nervensystem her, sowie ein Bestreben, die eine Form durch die andere zu unterbrechen. Das Gefühl kündigt sowohl an, wenn nach einer langen Ruhe Thätigkeit gefordert wird, als umgekehrt.

Sobald die Nerventheilchen der Anregung durch die bewegenden Kräfte (Reize) ganz entbehren, so ändert sich, wie bereits erwähnt, auch ihre Structur. Sie werden allmählich fettig entartet, und daher ganz unfähig, ihre Functionen auszuüben. Dies rührt daher, dass mit der Thätigkeit jedes Organs Hand in Hand die Menge des in ihm enthaltenen Blutes geht. Mit der mangelhaften Zuströmung von Blut leidet die Ernährung, d. h. die Bildung der constituirenden Bestandtheile. — Umgekehrt muss auch durch ein Uebermass von Erregung das Nervenleben leiden und erschöpft werden. Denn das Bestreben, die Nerventheilchen in der Ruhelage zu erhalten,

wird nothwendig unterdrückt werden müssen, wenn die Antriebe der Bewegung (Reize) die Oberhand gewinnen.

Daher resultirt als allgemeine Regel, dass Nervenreize nur so lange die Nerventhätigkeit beleben und stärken, als dies abwehrende Streben, die Ruhelage wieder herzustellen, jedesmal das Gleichgewicht wieder herbeizuführen vermag. Dies hängt wesentlich ab 1) von der Erhaltung der Nerventheilchen durch die Blutcirkulation, 2) von der Bildung der Nerventheilchen, die wesentlich von den Centraltheilen ausgeht und zunächst wiederum von deren Ganglienzellen.

Aus diesen Bemerkungen geht die praktische Regel hervor, dass die Erhaltung der Nervenkräfte ebenso sehr die Thätigkeit der Nerven als auch die Erholung verlangt. — Die Leistungen, zu denen die Nerven befähigt sind, gestalten sich in allen den Sphären dieses Systems (Bewegungsanregung, Gefühl, Empfindung, psychische Anregungen) bei verschiedenen Menschen höchst verschieden, wobei ohne Zweifel jene beiden Factoren — Ernährung und individuelle Entwickelung der Ganglienkugeln — am Meisten in Betracht kommen.

Fortleitung der Nervenerregung.

300. Eine nothwendige Eigenschaft der Erregbarkeit der Nerven ist die, dass der durch die Reizung gesetzte molekulare Bewegungszustand nicht an der Stelle verbleibt, an welcher die Reizung Statt gefunden hat, sondern dass er sich weiter verbreitet. Nur dadurch können natürlich Gefühl und Bewegung hervorgebracht werden, dass die Organe, welche für beide Functionen bestimmt sind, auch von der Molekularbewegung erreicht werden. — Alle Erscheinungen, welche die Nervenerregbarkeit zeigt, beziehen sich wesentlich auf die Fortleitung, und sie ist es daher, welche wir hier hauptsächlich ins Auge zu fassen haben. Ja selbst die Vorgänge an der gereizten Stelle lassen sich uns durch die Weiterverbreitung derselben construiren. Bei der Fortleitung nun sind folgende Beziehungen zu berücksichtigen, nämlich 1) in welcher Richtung sie geschieht, 2) mit welcher Geschwindigkeit, 3) mit welcher Intensität die molekulare Bewegung vor sich geht, 4) ob die Nerven specifische Erregbarkeit für bestimmte Reize haben und ob sie qualitative Verschiedenheiten zeigen.

Fortleitung der Erregung.

I. Richtung, in welcher die Fortleitung stattfindet.

I. Richtung, in welcher die molekulare Bewegung in dem erregten Nerven sich fortpflanzt.

301. Was die Richtung anlangt, in welcher die molekulare Bewegung sich weiter verbreitet, so hat man eine Leitung nach der Länge des Nerven und nach der Quere unterschieden. — Der Länge nach kann die Fortpflanzung gegen die Nervencentren (Rückenmark und Gehirn) oder gegen die Peripherie gerichtet sein. Man nimmt

Digitized by Google

meistens an, dass in den sensiblen Nerven die Leitung bloss centripetal, in den motorischen bloss centrifugal sei. Zur Beurtheilung, ob das eine oder andere stattfindet, gehört natürlich, dass das Prüfungsmittel, durch welches die Nervenwirkung erkannt wird, mit dem Nerven in Verbindung bleibt. Wenn man die Fortpflanzung an einem motorischen Nerven vermittelst einer Zuckung untersuchen will, so muss nothwendig der Nerv mit dem Muskel verbunden bleiben. Wenn man die Fortpflanzung an einem sensiblen Nerven durch das Gefühl prüfen will, so darf der Zusammenhang eines solchen Nerven mit dem Organe, in welchem Gefühl entsteht, dem verlängerten Marke, nicht fehlen. Wenn ein sensibler, vom Rückenmarke getrennter Nerv in Folge einer Reizung keine am Körper sichtliche Folge zeigt, so ist dennoch möglich, dass die Molekularbewegung sowohl nach dem Centrum, als nach der Peripherie sich fortpflanzt. Hierüber fehlen zwar noch vollständig sichere Erfahrungen, hingegen sind doch einige vorhanden, welche dafür zu sprechen scheinen, dass die durch einen Reiz hervorgebrachte Veränderung sich nach beiden Richtungen hin fortpflanzt. Früherhin hielt man es für eine durchaus feststehende Thatsache, dass in den motorischen Nerven die Leitung stets von dem Centrum nach der Peripherie und in den sensiblen und sensuellen Nerven im umgekehrten Sinne stattfinde. — Zum Belege für diese Annahme dienten folgende Thatsachen: 1) würde ein Muskelnerve gereizt, so sollte niemals Zuckung in einem Muskel entstehen, welcher oberhalb seines Abganges lag, sondern nur die Muskeln, welche, wenn man vom Rückenmarke und Gehirn ausgeht, jenseits des gereizten Nervenstückes liegen (J. Müller). 2) Der n. trigeminus sendet Zweige in die Augenmuskeln, ohne dass seine Reizung Bewegung derselben veranlasst. Der n. trigeminus ist aber sensibler Nerv und die Richtung seiner Leitung ist daher nicht nach der Peripherie gerichtet (Volkmann). 3) Nach Zusammenheilung des centralen Endes vom sensiblen n. lingualis und des peripherischen Endes vom motorischen n. hypoglossus vermochte Reizung des lingualis keine Bewegung der Zunge zu veranlassen (s. p. 380) (Gluge und Thiernesse). — Gegen diese Beweise lassen sich folgende Gegengründe aufführen. Ad 1) Die gleich näher zu beschreibende paradoxe Zuckung. Ad 2) Wenn ein Nerv einen Muskel zur Bewegung anregen soll, so muss er nothwendig in die rechte Verbindung mit den contractilen Elementen kommen. Es ist nun möglich, dass ein Nerv nicht in der Art sich in einem Muskel verbreitet, dass dadurch diese Elemente in Erregung kommen können (Dubois). Ad 3) Wenn auch der n. lingualis mit dem n. hypoglossus verwachsen kann, so darf doch nicht behauptet werden, dass sich jede Primitivfaser des einen mit der des andern ununterbrochen verbindet. Wahr-

Digitized by Google

scheinlich gehen vielmehr die Hypoglossusfasern durch Verfettung zu Grunde und die Lingualisfasern wachsen weiter, oder die Verbindung ist keine Fortsetzung der Primitivfasern, sondern nur eine Narbenbildung. — Jedenfalls sind alle die angegebenen Erfahrungen bis jetzt noch nicht ausreichend, um eine sogenannte doppeltsinnige Leitung der motorischen, wie sensiblen Nerven ohne Weiteres zu widerlegen. — Auf der andern Seite muss man gestehen, dass auch durch die gleich anzuführenden Beobachtungen diese noch durchaus nicht erwiesen ist. Von allen gegen die doppeltsinnige Leitung gemachten Einwürfen ist der oben unter 1) angegebene der wichtigste.

Paradoxe Zuckung.

302. In den motorischen Nerven kommt eine eigene, hieher gehörige Erscheinung vor, welche Dubois [1]) zuerst beobachtete, die sogenannte paradoxe Zuckung. Der n. ischiadicus des Frosches spaltet sich in der Gegend des untern Drittels des Oberschenkels in zwei Äste, den tibialis und peroneus. Man löse den m. biceps aus seiner Verbindung am Kniegelenk und ebenso die Sehne des äussern Kopfes vom gastrocnemius, um ein möglichst grosses Stück des n. peroneus frei zu bekommen, und präparire auch den n. tibialis, so dass beide Nerven mit ihren Muskeln im Zusammenhange bleiben, aber von einander isolirt sind, sodann reize man einen der beiden Nerven durch eine constante Kette oder auch einen Inductionsapparat, so zucken bei reizbaren Fröschen die Muskeln beider Nerven, also bei Reizung von *p* auch *A*, und bei Reizung von *t* auch *B*. — Dubois erklärt diese Erscheinung dadurch, dass durch den erregenden Strom ein elektrotonischer Zustand in dem Theile des Nerven erregt werde, welcher nicht von dem Strome durchflossen wird. Es entstehe nämlich in dem anliegenden n. tibialis ein schwacher Strom in umgekehrter Richtung von derjenigen, welche der erregende Strom in dem n. peroneus haben würde, wenn man ihn bis zur Vereinigungsstelle beider Äste fortführte; und von diesem Strome rühre die Zuckung her. — Ohne untersuchen zu wollen, ob die Erklärung richtig ist, geht aus der Thatsache so viel hervor, dass der durch eine galvanische Reizung in einem motorischen Nerven entstandene veränderte Zustand zu einer Reizung in einer oberhalb gelegenen Stelle werden kann. Jedoch ist es nur im Ganzen in seltenen Fällen bei reizbaren Fröschen vergönnt, diese Beobachtung zu machen, welche ich jedoch manchmal in ausgezeich-

Fig. 192.

1) Dubois-Reymond, Untersuchungen über thierische Elektricität. II, 1, p. 546.

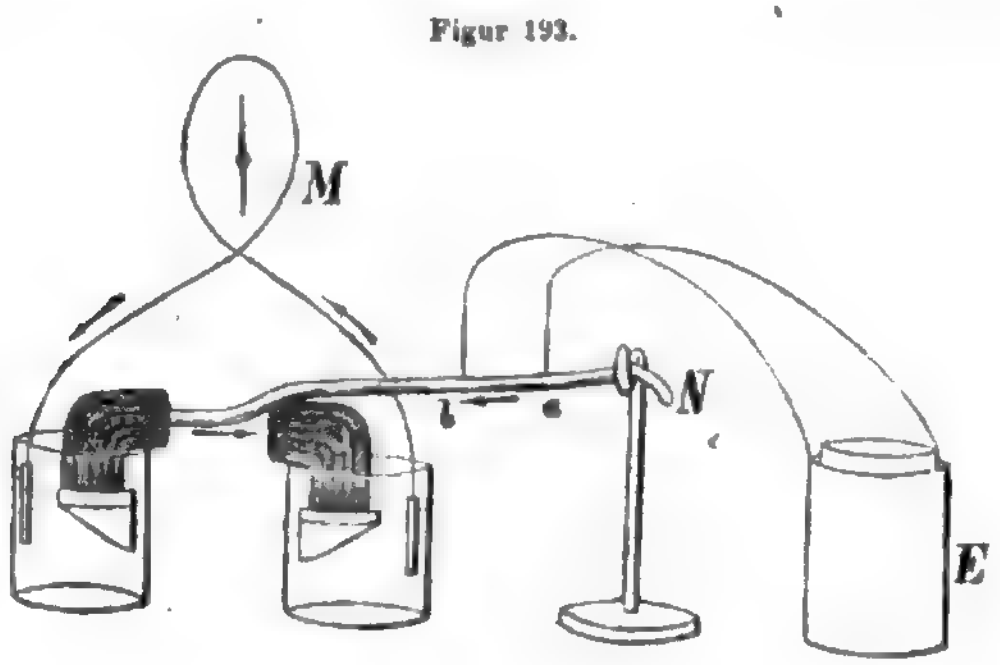
Digitized by Google

net schöner Weise gesehen habe; nicht nur bei Anwendung des Inductionsstromes, sondern auch bei Anwendung der constanten Kette. Im letztern Falle habe ich auch bei längerm Reize die anfängliche Schliessungszuckung in Öffnungszuckung übergehen sehen.

Sekundäre Zuckung von Nerven aus.

303. Dieselbe Erscheinung lässt sich, jedoch noch seltener, in folgender Weise beobachten. Man legt einen frisch ausgeschnittenen n. ischiadicus vom Frosche auf die beiden Polenden einer galvanischen, vorläufig noch ungeschlossenen Kette. In innige Berührung mit dem Nerven bringt man den Nerven eines galvanischen Präparates. Schliesst man die Kette, so zuckt, wenn das Thier reizbar genug ist, der

Figur 193.



Muskel. — Man erklärt diese Erscheinung nach Dubois dadurch, dass der Nervenstrom durch die erregende Kette im Nerven eine Schwankung seiner Dichtigkeit erleide, und dadurch wie durch jede Dichtigkeitsschwankung eine Reizung des anliegenden Nerven entstehe; grade so, wie die Magnetnadel im Multiplicator *M* (Fig. 193) eine Schwankung erfährt, wenn durch dieselben Nerven *N* ein Strom hindurchgeht (s. auch p. 641 Fig. 191).

Centripetale Fortleitung in sensiblen Nerven.

304. Bei den Gefühlserscheinungen kommt es vor, dass ein Eindruck, welcher einen sensiblen Nerven trifft, in der peripherischen Ausbreitung desselben wahrgenommen wird. Man könnte vielleicht dieses Phänomen darauf hinaus leiten, dass die molekulare Bewegung von der Stelle der Reizung aus auch in sensiblen Nerven nach der Peripherie hin sich weiter verbreitet. Jedoch ist diese Annahme sehr hypothetisch. Unten wird davon weiter die Rede sein.

Querleitung.

305. Ob nun ausser der Fortpflanzung der Erregbarkeit in der Längsrichtung der Nervenprimitivfasern noch eine zweite zu Stande kommt, nämlich der Quere nach, so dass die molekulare Bewegung durch die Nervenscheide hindurch sich weiter verbreitet, ist noch nicht vollständig ausgemacht, auch schwer zu entscheiden. In der

Digitized by Google

Peripherie ist eine solche Annahme durch keine sichere Thatsache gerechtfertigt. Man sieht nicht, dass wenn die Nerven vom Rückenmarke getrennt sind und nun gereizt werden, irgend ein Muskel zuckt, der nicht im Bereiche dieses Nerven liegt. — Anders ist es in Betreff der Centraltheile. Hier sind Übergänge der Erregung von einem Nerven auf den andern sehr gewöhnlich. Während man z. B. niemals sieht, dass der vom n. facialis versorgte m. orbicularis palpebrarum sich contrahirt, wenn nach Zerstörung des verlängerten Marks die vom n. trigeminus versorgte cornea gereizt wird, ist diese Erscheinung ganz gewöhnlich, solange noch die Centraltheile beider Nerven bestehen. — Volkmann[1]) und Ludwig[2]) sind der Ansicht, dass in den Centraltheilen eine Querleitung stattfände durch die Nervenscheiden hindurch. Wahrscheinlicher ist es, dass die Übergänge der Erregungen im Gehirn und Rückenmark durch die multipolaren Ganglien sich erklären, wonach ein Eindruck, der durch eine Nervenprimitivfaser dem Gehirne übergeben wird, in einer Ganglienzelle zu einer neuen reflectirten Erregung Veranlassung gibt. — Indess lässt sich bis jetzt mit Bestimmtheit über beide Theorien kein Urtheil abgeben.

II. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung.

II. Geschwindigkeit, mit welcher die molekulare Nervenbewegung sich fortpflanzt.

306. Wenn ein Muskelnerv gereizt wird, so sieht man in den meisten Fällen fast im Momente der Reizung auch Zuckung in den Muskeln, zu denen der Nerv geht, es scheint ein unmessbar kurzer Zeitraum zwischen Reizung, oder vielmehr der durch dieselbe entstehenden molekularen Nervenbewegung und der Muskelcontraction zu liegen. — Ebenso ist es, wenn man den Muskel selbst reizt.

Geringe Fortpflanzungsgeschwindigkeit einiger Nerven.

307. Nur gewisse Nerven und Muskeln machen eine Ausnahme. Namentlich hat man unter den Nerven verschiedene Zweige des n. vagus und den n. sympathicus, und von Muskeln die mit glatten Fasern hauptsächlich hieher zu rechnen. Durch Reizung des n. vagus sieht man Bewegungen von Magen und Darm, durch Reizung des n. sympathicus am Halse Bewegung der iris, durch Reizung des n. sympathicus in der Lendengegend Bewegung der ductus deferentes oder tubae, der Blase und des Mastdarms entstehen. Es vergehen aber oft eine und selbst mehrere Sekunden, ehe die Wirkung eintritt. Dasselbe beobachtet man, wenn man den Magen, die Gedärme, den uterus, die Blase, die iris u. s. w. selbst reizt, auch hier verstreicht eine

1) Volkmann in Wagner's Handw. II, 528.
2) Ludwig, Physiologie. I, 169.

Digitized by Google

merkbare Zeit, ehe die Wirkung erfolgt. Ebenso ist es oft zu bemerken, dass wenn man die Nieren oder Darmnerven kneipt, die Schmerzzeichen auch nicht sogleich, sondern etwas später eintreten. — Ich habe aber auch beobachtet, dass unter Umständen bei Muskeln, welche gewöhnlich sehr rasch auf Nervenreize zu reagiren pflegen, die Wirkung langsam eintritt. So habe ich dies namentlich mehrmals bei dem m. cricothyreoideus gesehen, wenn ich denselben an Kehlköpfen von Kälbern, welche etwa vor einer Stunde geschlachtet waren, reizte. — Durch gleich anzuführende Untersuchungen von Helmholtz ist nachgewiesen, dass diese Erscheinung eine ganz allgemeine ist und, wie theoretisch nicht anders zu erwarten war, eine bestimmte Zeit zwischen Reizung und Zuckung verstreicht.

Wie die Zeit nach der Erregung ausgefüllt wird.

308. Diese Zeit kann durch verschiedene Processe ausgefüllt sein. Es ist möglich, dass zwischen der Zeit der Reizung und dem Anfange der molekularen Bewegung in den Nerven ein Zeittheilchen abläuft, ein andres zur Fortbildung, ein drittes zur Contraction in den Muskelfasern (oder zum Zustandekommen des Gefühls) verwendet wird. Zeit muss natürlich jeder dieser Akte in Anspruch nehmen, und es kann sich eigentlich nur darum handeln, für welchen die meiste verbraucht wird. Man hatte durch E. Weber's Untersuchungen den hauptsächlichen Unterschied in den Muskeln gesucht, je nachdem sie quergestreift oder glatt sind. Dass nicht allein jedoch die Verzögerung der Wirkung in der Art der Muskelfasern liegt, sondern dass die Nerven einen grossen Antheil haben, zeigt die Bewegung der iris. Denn derselbe sphincter pupillae zieht sich sehr rasch durch Reizung des n. oculomotorius, sehr langsam durch Reizung des n. trigeminus bei Kaninchen zusammen.

Nachwirkung der Erregung.

309. Nicht im Momente, in welchem die Reizung den Nerven getroffen hat, ist die Wirkung derselben an der gereizten Stelle vergangen. Dies lässt sich aus dem sehr bekannten Versuche darthun, in welchem eine feurige Kohle im Kreise umhergeschwungen wird. Man glaubt einen feurigen Kreis zu sehen, und dennoch wird stets nur ein Theil der retina affizirt. Nachdem der Theil *a* von der Kohle beleuchtet war und nun im nächsten Moment der benachbarte Theil *b* beleuchtet wird, hat die Erregung von *a* noch nicht aufgehört und man glaubt *a* auch noch beleuchtet u. s. w.

Bewegungsgeschwindigkeit nach der Erregung der Iris.

310. Bei den langsam erfolgenden Muskelbewegungen lässt sich mit der Uhr die Zeit bestimmen, welche zwischen der Reizung und der Contraction erfolgt. Ich [1]) habe hierüber an der iris einige Beobachtungen angestellt, wobei ich jedoch hauptsächlich auf die Zeit Rücksicht nahm, welche die Reizung in Anspruch nahm, um die

1) Budge, Beweg. d. Iris. p. 78.

Digitized by Google

möglichst starke Contraction zu erzielen. Wenn ich den n. sympathicus am Halse reizte, und liess $^1/_2$ Sekunde den inducirten Strom durch den Nerven gehen, so erweiterte sich die Pupille eines Kaninchens von 4 mm zu 5 mm, reizte ich drei Sekunden, so trat eine Erweiterung bis 7 mm ein. Ist der höchste Grad der Ausdehnung erreicht, und wird noch länger gereizt, so vermindert sich sogleich der Pupillendurchmesser wieder. So fand sich z. B. der Durchmesser vor der Reizung 4 mm, nach Reizung von drei Sekunden 7,66 mm, nach Reizung von 60 Sekunden 7 mm. Wenn die Reizung des n. sympathicus nur kurze Zeit an einer Stelle des Nerven stattfand, welche vorher noch nicht gereizt war, so war die Apertur der Pupille sehr rasch wieder dieselbe, wie vor der Reizung, so z. B. vor der Reizung 4 mm, zwei Sekunden Reizung 6 mm, vier Sekunden nachher 4 mm. Wenn hingegen die Reizung länger dauerte, oder wenn dieselbe Stelle des Nerven wiederholt gereizt wurde, so dauerte es beträchtlich länger, bis die Ruhelage wieder gewonnen war. Im Mittel aus vielen Beobachtungen an einem weissen Kaninchen musste drei Sekunden gereizt werden, bis die stärkste Erweiterung zu Stande kam, wenn man immer eine andere Nervenstelle wählte, und dann vergingen 12 Sekunden, bis wieder der Durchmesser eine Grösse wie vor der Reizung hatte. Als dagegen dieselbe Nervenstelle mit dazwischen liegenden Pausen von je zwei Minuten vier Mal gereizt worden war, gingen 30 Sekunden darauf, ehe die Contraction vollständig geendigt war. Diese Zeit des Abschwingens schien nicht in gradem Verhältniss zur Contraction zu stehen. Es schien vielmehr im ersten Anfange längere Zeit zu vergehen, als später; wenn der Contractionsnachlass einen gewissen Grad erst erreicht hatte, trat schneller die Ruhe ein, als man dies hätte erwarten sollen, wenn er in gleicher Weise fortgedauert hätte, wie im Anfange.

Versuche von Helmholtz, die Geschwindigkeit zu messen.

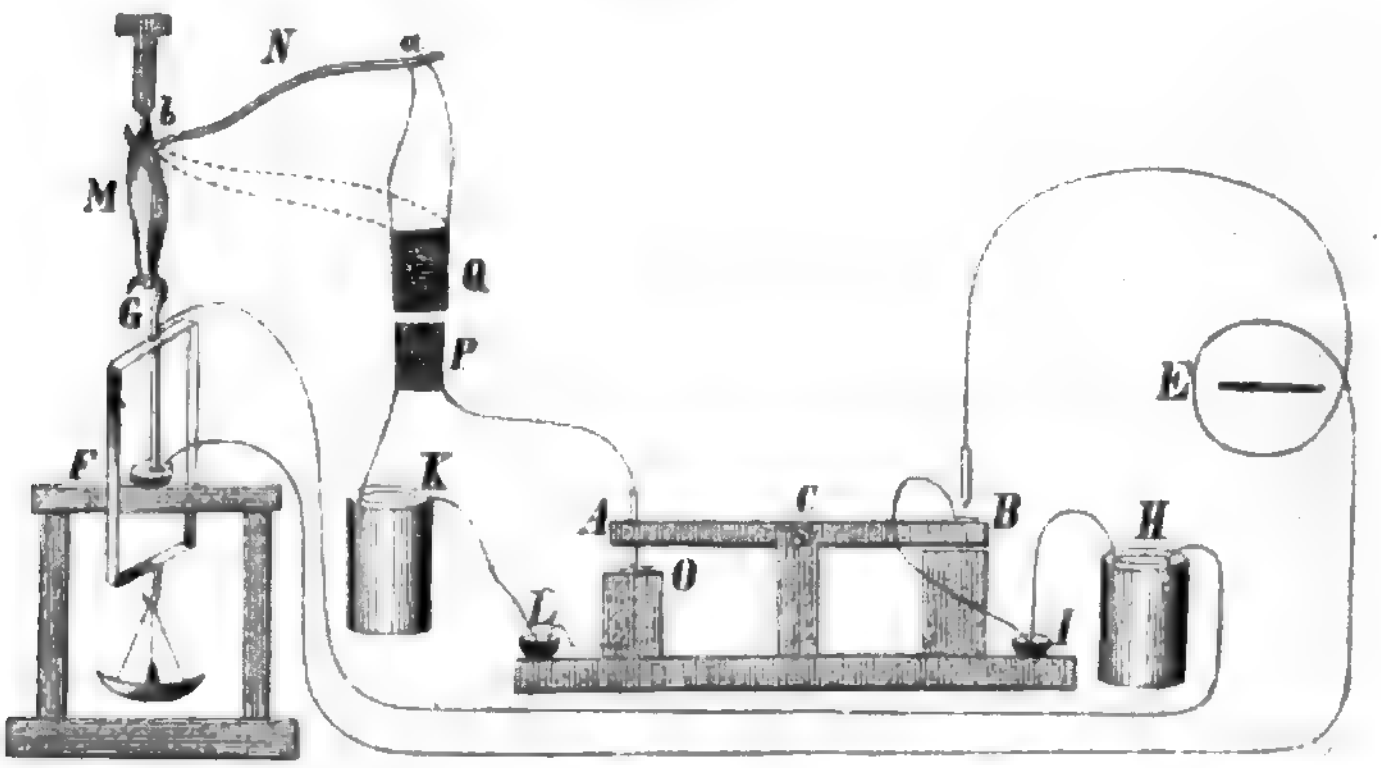
311. Der Versuch, die sehr kurze Zeit zu bestimmen, welche vorübergeht zwischen der Reizung eines Nerven und der dadurch bewirkten Zuckung des Muskels, wurde zuerst von Helmholtz angestellt. Es handelte sich also darum, zu erfahren, wie lange es dauert, bis die Veränderung, welche durch die Reizung eines Nerven in demselben entsteht, sich weiter bis zu dem Muskel verbreitet hat. — Helmholtz legte ein Princip zu Grunde, welches zuerst von Pouillet aufgestellt worden ist. Der letztere Forscher nimmt nämlich an, dass, wenn ein elektrischer Strom von einer bestimmten Stärke eine äusserst kurze Zeit auf die Magnetnadel eines Multiplicators einwirkt, dieselbe in einem Bogen abgelenkt wird, welcher um so grösser ist, je länger die Zeit der Einwirkung bei gleicher Stromstärke ist, somit die Winkelgrösse, um welche die Magnetnadel abgelenkt wird, proportional der Zeit, während welcher die Kette

Digitized by Google

geschlossen war. — Auf diesem Wege bestimmte Pouillet z. B. die Zeit, welche verfliesst, während das Pulver in einem Gewehre durch Aufschlagen des Hahns sich entzündete und die Kugel ausgetrieben wurde; so ferner die Zeit, welche verstrich, während ein Strom einen Kupferdraht von 40^m Länge durchfloss etc. — Helmholtz verfuhr bei seinen Versuchen in folgender Weise. Es sind dazu zwei gleich starke constante Ketten nothwendig, von denen die eine die erregende *K*, die andere die zeitmessende *H* genannt wird. Der erregende Strom hat die Bestimmung, den n. ischiadicus eines Froschpräparates zu reizen und augenblicklich, wie die Reizung erfolgt ist, wird die Kette wieder geöffnet. Die Reizung geschieht durch Induction. Die erregende Kette *KPAL* geht nämlich in eine Rolle *P* mit einer gewissen Anzahl von Windungen, über welche eine zweite Rolle *Q*, die inducirte, geschoben werden kann. Diese inducirte Rolle steht nun mit dem Nerven in Verbindung. Sobald die erregende Kette geschlossen und geöffnet wird, entsteht in demselben Augenblicke ein inducirter Strom in der zweiten, oben beschriebenen Rolle *Q*. Bei der Schliessung der erregenden Kette ist aber der Strom, welcher in der inducirten Rolle sich bildet, von entgegengesetzter Richtung, wie derjenige in der erregenden Kette, und beide heben sich daher auf. Wenn nun wie in unserm Falle nur eine schwache Kette in Anwendung gesetzt wird, dann hat der inducirte Strom während der Schliessung der erregenden Kette keine Wirkung, es entsteht also in diesem Momente auch keine Zuckung in dem Froschpräparate, dessen Nerv mit der inducirten Rolle in Verbindung steht. Wohl aber wirkt der inducirte Strom stark im Augenblicke, wenn die primäre Kette *K* geöffnet wird und dann entsteht jedesmal Zuckung. — In dem von Helmholtz angegebenen Apparate fällt also mit der Öffnung der primären Kette die Reizung des Nerven zusammen. — Gleichzeitig schliesst sich vermittelst eines einfachen Mechanismus die zeitmessende Kette *H*. In diese letztere ist ein Multiplicator *E* eingeschoben, so dass der Strom durch diesen hindurch gehen und auf die Magnetnadel wirken muss. In demselben Augenblicke, in welchem die Kette *H* dadurch, dass man das Ende des einen Drahtes bei *B* aufdrückt, geschlossen wird, in welchem also der zeitmessende Strom durch den Multiplicator geht und die Magnetnadel in einem bestimmten Bogen abgelenkt wird, erfolgt die Reizung des Nerven, weil nämlich in demselben Augenblicke sich die Kette *K* durch einen gleich anzugebenden Mechanismus öffnet und die Öffnung die Reizung bedingt. Es dauert nun eine sehr kleine Zeit (ein Bruchtheil einer Sekunde) bis in Folge der Reizung der Muskel zuckt. Sobald dies geschieht, muss sich die zeitmessende Kette wieder öffnen. Ein Fernrohr ist auf die Magnetnadel gerichtet, um den Ablenkungsbogen zu

beobachten. Die Grösse desselben ist proportional der Zeit, während welcher die Kette geschlossen blieb. Sie blieb geschlossen vom Augenblicke der Reizung bis zum Eintritte der Zuckung. Der Schwingungsbogen lehrt uns also die Zeit berechnen, welche zwischen Reizung und Zuckung verstreicht. — Diese Zeit setzt sich aber aus zwei Abtheilungen zusammen, nämlich aus derjenigen, welche verstreicht, bis die Erregung des Nerven an dem Muskel angelangt ist $= t'$, und derjenigen, welche verstreicht, bis innerhalb des Muskels die nöthigen Vorgänge zur Contraction vollendet sind $= t''$. Es wird aber beabsichtigt, von der ganzen Zeit $T = t' + t''$ nur den ersten Theil t' kennen zu lernen, nun ist aber $t' = T - t''$. Um t'' kennen zu lernen, ist ein zweiter Versuch nothwendig, indem die von der inducirten Rolle Q ausgehenden Drähte nahe dem Eintritte des Nerven in den Muskel bei b angelegt werden. In diesem Versuche fällt

Fig. 194.



Apparat von Helmholtz, zur Bestimmung der Fortleitungsgeschwindigkeit der Nerven.

K erregende Kette. *P* die mit derselben in Verbindung stehende (inducirende) Rolle. *Q* die inducirte Rolle, von ihr gehen zwei Drähte an den Anfang des Nerven *a*, zwei andere an die Eintrittsstelle des Nerven in den Muskel bei *b*, das Ende der einen Elektrode geht durch das Brettchen *ACB*, welches um eine horizontale Axe drehbar ist und daher auf und nieder geht. Wenn das Brettchen bei *B* herab gedrückt wird, hebt es sich bei *A*, und damit auch das Ende der einen Elektrode. Geht aber wieder *A* herab, so stösst dies in eine Spitze ausgehende Ende auf das Metallblättchen *O*. — Die andere Elektrode geht von *K* zunächst in das Quecksilbernäpfchen *L*, und dann durch den kleinen Block bis zum Metallplättchen *O*.

M Muskel, er hängt an einem Haken *G*, der in einem Rahmen befestigt ist; der Rahmen ist mit einer Wage versehen, welche mit Gewichten belastet werden kann, um den Muskel zu spannen. Der Haken taucht in das Quecksilbernäpfchen *F*. Bei *F* und *G* endigen die Elektroden der zeitmessenden Kette *H*. Die bei *F* endigende geht aus dem Elemente durch das Quecksilbernäpfchen *J* zunächst in das Metallplättchen, welches auf dem Ende *B* des Brettchens *ACB* anliegt. Dieser kleinen Metallplatte gegenüber ist die Spitze der einen Elektrode, deren Andrücken an *B* die Kette *H* schliesst; bei *E* ist der Multiplicator eingeschoben.

die Ablenkung am Multiplicator kleiner aus, die daraus berechnete Zeit t'' wird von der zuerst erhaltenen T abgezogen. Daraus ergibt sich diejenige Zeit, welche die Mittheilung der Erregung durch

Digitized by Google

das Nervenstück *ab* bedurfte. — Es ist noch hinzuzufügen, wie es möglich wird, gleichzeitig mit der Entstehung der Zuckung die zeitmessende Kette zu öffnen. Dies geschieht durch den Muskel *M* selbst. An seinem untern Ende ist durch ein Häkchen ein Stab befestigt, der in ein Quecksilbernäpfchen *F* in Fig. 194 taucht, durch welches der zeitmessende Strom geschlossen wird. Contrahirt sich der gereizte Muskel, so zieht er das Stäbchen aus dem Quecksilber und die Kette ist geöffnet. Die Fig. 194 gibt schematisch die Vorrichtung wieder.

312. Helmholtz hat die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit noch auf einem andern Wege vorgenommen. Ein aufgehängter m. gastrocnemius, der wie bei der vorigen Methode in die nöthige Spannung durch Gewichte versetzt war, wurde durch den mit ihm verbundenen Nerven in Contraction versetzt. An dem Muskel war eine Spitze befestigt (man vgl. unten die Beschreibung des Myographion), welche an einen Cylinder anstiess, der sich durch ein Uhrwerk mit einer bestimmten gleichförmigen Geschwindigkeit vorbeibewegte. Auf diesen Cylinder wurden durch den mit dem Muskel verbundenen Stift Curven gezeichnet, welche theils vertical, theils horizontal verliefen. Die verticalen Ordinaten waren der Hubhöhe, bis zu welcher der Muskel durch die Contraction gelangt; die horizontalen Abscissen hingegen vom Zeitpunkte der Reizung an gerechnet den Zeiten proportional, welche nöthig waren, dass der Muskel sich contrahirte. Wenn man nun weiss, wie oft sich in einer bestimmten Zeit der Cylinder umdreht, den Umfang des Cylinders kennt und gleichzeitig mit der Reizung die Umdrehung beginnt, so kann man aus dem horizontalen Striche, welcher dem verticalen vorausgeht, die Zeit bestimmen, welche zwischen Reizung und Muskelcontraction liegt. Jedoch muss man auch hier wie bei der ersten Art des Versuches die Reizung an den verschiedenen Nervenstellen vornehmen, einmal an dem vom Muskel entfernten Ende und dann an dem dem Muskel nahen.

Resultat der Helmholtz'schen Versuche.

313. Durch diese Versuche ist nun Helmholtz zu dem Resultate gekommen, dass für den Froschnerven die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei einer Temperatur zwischen + 11 und 21° C. in der Secunde zwischen 24,6 und 38,4 Meter schwankt; dass Erkältung und andere äussere schädliche Einflüsse die Geschwindigkeit bedeutend vermindern. Bei menschlichen Nerven nimmt Helmholtz [1]) dieselbe zu 61,5^{m} in der Secunde an.

Werth der Versuche.

314. Diese Versuche geben keine Bestimmung über die absolute Fortpflanzungsgeschwindigkeit, da durch die verschiedenen Modifica-

1) Vgl. Helmholtz in Müller's Archiv 1851 u. 1852.

Digitized by Google

tionen, denen die Erregbarkeit der Nerven unterworfen ist, eine ganz unberechenbare Verschiedenheit in dem Erfolg der Versuche eintreten muss. Wir werden unten hören, dass selbst an einem und demselben Nerven die einzelnen Stellen nicht gleich erregbar sind, dass durch den Tod, durch die Individualität des Thieres die Reizung selbst und viele andere Verhältnisse eine grosse Menge von Schwankungen eintritt. Es ist nur durch sinnreiche Technicismen nachgewiesen, dass eine Zeit zwischen Reizung und Wirkung verstreicht und dass dies Resultat sich wahrnehmbar machen lässt.

315. Hingegen haben diese Versuche einen besondern relativen Werth, wenn darauf Rücksicht genommen wird, verschiedene äussere Einwirkungen mit zu berücksichtigen, wie es von Helmholtz schon hinsichtlich der Erkältung geschehen ist. — In diesem Sinne sind besonders die Untersuchungen von v. Bezold [1]) angestellt, der sich der zweiten Helmholtz'schen Methode bedient hat. — Aus diesen geben wir einige der hauptsächlichsten Resultate: Im Muskel selbst erfolgen durch die Reizung innerhalb des Zeitraumes von einigen Tausendstel Secunden dreierlei Veränderungen, erstens nämlich, ehe Zusammenziehung eintritt, erfolgt Erhöhung der Erregbarkeit, sodann wird die Fähigkeit, die Erregung fortzuleiten, herabgesetzt und endlich geschieht die Erregung selbst. Diese erfolgt in den Muskeln wie in den Nerven nur in der Gegend des negativen Poles. Von hier aus breitet sich der Vorgang über die ganze interpolare Strecke aus. — So geschieht es, wenn die Kette geschlossen wird. Hingegen findet der Molekularvorgang der Erregung nach Öffnung der im Muskel oder Nerven fliessenden galvanischen Ströme zunächst und direct nur in der Gegend der positiven Elektrode statt, von wo aus sie sich nach der negativen hin verbreitet. Sind die Kettenströme, deren Schliessung oder Öffnung als Erregungsmittel dient, unter einer gewissen Stärke, so folgt der Molekularvorgang der Erregung in der Muskel- und Nervenfaser nicht unmittelbar auf die Schliessung oder Öffnung dieses Stromes, sondern es vergeht eine von der Stärke dieser Ströme abhängige in einem umgekehrten Verhältnisse zu derselben stehende Zeit, bis der Molekularvorgang der Erregung anhebt.

III. Intensität der Erregung.

1) Stärke der Reizung.

Intensität der Erregung. Massstab, um sie zu bestimmen.

316. Zum Massstab für die Stärke der Erregung dienen uns die Wirkungen, welche in Folge der Reizung eines Nerven entstehen;

1) v. Bezold, Unters. über die elektrische Erregung d. Nerven u. Muskeln. Leipz. 1861.

Digitized by Google

und an diesen Wirkungen sind wieder zwei Faktoren zu unterscheiden, die Grösse und die Dauer derselben. Bei der Muskelcontraction, welche durch eine Reizung entsteht, haben wir erstens ein Mass in der Grösse der Verkürzung, welche ein Muskel zeigt, und zweitens in der Dauer, während welcher diese Zuckungsgrösse anhält. Beides zusammengenommen gibt erst ein vollständiges Bild von der Wirkung.

Wovon sie abhängig ist.

317. Die Intensität der Erregung ist wesentlich von zwei Umständen abhängig 1) von der Stärke der Reizung und 2) von dem Grade der Erregbarkeit.

Grade der Reizung.

318. Man muss gewisse Stufen der Reizung unterscheiden, von der geringsten bis zur stärksten. Die Zuckungsgrösse und Zuckungsdauer machen dieselben kenntlich. Wo nach Reizung hingegen gar keine Zuckung mehr eintritt, da können zwei Zustände vorhanden sein, von denen man den einen Überreizung, den andern Reizlosigkeit nennt. Zwischen denselben liegen die verschieden wirksamen Reizungen.

Überreizung.

319. Es gibt einen gewissen Grad der Erregung, welche als die Grenze bezeichnet werden kann, über welche hinaus keine Zunahme mehr stattfindet. Sobald diese Grenze erreicht ist, tritt das Stadium der Überreizung ein und die Wirkungen, welche bisher vorhanden waren, nehmen ab und hören endlich ganz auf. Die Abnahme der Wirkungen ist ein Zeichen der eintretenden Überreizung. Reizung der motorischen Nerven bringt in überreizten Nerven zuletzt keine Zuckung, Reizung der sensiblen keine Schmerzäusserung mehr hervor.

320. Die Überreizung kann eine relative und eine absolute sein. Sie ist eine relative, wenn derselbe Reiz, welcher angewandt wurde, keine Wirkung mehr hervorbringt, während ein stärkerer oder ein anderer Reiz noch Erfolg zeigt; sie ist hingegen eine absolute, wenn gar kein Reiz mehr eine Wirkung hervorbringt. Die absolute Überreizung eines Nerven, bei welcher keine Erholung mehr eintritt, ist dem Tode desselben gleichzusetzen. Mit dem Begriffe der Überreizung verbindet man aber in der Regel die Wiederherstellung; d. h. man versteht darunter gewöhnlich eine relative. So einfach und richtig diese Unterscheidung im Allgemeinen ist, so bietet sie doch bei Anstellung der Versuche einige Schwierigkeit dar, was sich aus folgendem Beispiele ergibt. Wenn eine Nervenstelle etwa mit 6 Grove'schen Elementen gereizt worden ist, so wird man zwar vergebens versuchen mit 1 Element eine Wirkung zu erzeugen, hingegen wohl mit 12, mit 20 u. s. w. Ich habe überhaupt noch nicht die Grenze zu finden vermocht, in welcher ein Reiz gar nicht mehr wirkt. 25 Grove'sche Elemente bringen zwar bald eine Erschöpfung hervor, aber man kann doch mehrmals reizen, ohne dass die Wirkung ausbleibt. Selbst bei 1000

Digitized by Google

Elementen bleibt die Zuckung noch nicht aus. — Ich habe manchmal eine volle halbe Stunde mit einem starken Inductionsstrom, den ich vermittelst des Dubois'schen Schlittenapparates anwandte und der durch 1 Grove'sches Element erregt war, den n. ischiadicus vom Frosche gereizt, ohne dass die Zuckungen des Beines aufhörten, obwohl die Berührung der Polenden mit der Haut bei dieser Stromstärke unerträglich ist. Ob bei den stärksten Entladungen es gar nicht zu einer Zuckung kommt, sondern sogleich eine Überreizung, eine Lähmung eintritt, ist, wie mir scheint, noch nicht hinlänglich erörtert. Man kann daher bis jetzt nur von einer relativen Überreizung sprechen.

Ursache der Überreizung.

321. Die lähmende Wirkung der Reizung hängt wahrscheinlich da, wo sie durch starke und andauernde Reizung entsteht, von der Zerstörung der Nervenmasse ab. Wird nun nach Anwendung eines geringern Reizes, der unwirksam geworden ist, ein stärkerer angewandt, so kann derselbe natürlich eher zu allen Nerventheilchen dringen, als jener und daher auch noch eine Wirkung erzielen, wo vorher eine solche ausgeblieben ist. Dann aber kommt noch hinzu, dass durch die Zunahme der Reize auch die molekulare Bewegung zunimmt.

Hemmung der Erregbarkeitsäusserung.

322. Von dieser eigentlich lähmenden Wirkung der Reize oder der Überreizung muss eine andere unterschieden werden, welche man in neuerer Zeit mit dem Namen: hemmende Wirkung belegt hat. Der Unterschied liegt darin, dass ein Nerv, welcher überreizt ist, gegen denselben Reiz überhaupt nicht mehr oder höchstens nachdem er sich erholt hat, wieder sich thätig zeigt; hingegen ein Nerv, welcher gehemmt ist in seiner Action, sogleich nachdem die hemmende Ursache aufgehört hat, wieder in seiner frühern Thätigkeit auftritt. Wir wollen dies durch ein Beispiel erläutern. Wenn man den n. ischiadicus eines Froschpräparates etwa mit einer Kette von 2 Daniell'schen Elementen reizt, d. h. hinter einander in derselben Richtung schliesst, dann nur ein Moment die Kette geschlossen hält und sie öffnet und wieder schliesst, so kommt man endlich dahin, dass keine Zuckung mehr eintritt. Nun muss man vielleicht 5 oder 10 Minuten (während welcher man das Präparat feucht erhält) warten, dann ist der frühere Reiz wieder für eine kurze Zeit wirksam. — Anders ist es hinsichtlich des Einflusses vom n. vagus auf die Herzbewegung. Bei einer gewissen Stromstärke wird der Herzschlag zum Stillstande gebracht und sobald der Reiz entfernt ist, schlägt das Herz wieder und wenn von Neuem gereizt wird, erfolgt auch von Neuem die Ruhe.

323. Ein zweiter Unterschied zwischen Lähmung und Hemmung findet dadurch Statt, dass bei der Hemmung, welche bis jetzt am

Digitized by Google

Herzen und am Darme beobachtet worden ist, aber auch dem Athmen zukommt, zwei Reizungen gleichzeitig vorhanden sind, die eine, welche die Bewegung veranlasst und unterhält, die andere künstlich hinzugebrachte. Da von der Wirkung zweier Reize unten noch weiter die Rede ist, gehen wir hier nicht weiter darauf ein.

Zuckungsmaximum.

324. Ein Nerv, welcher die sogen. hemmende Eigenschaft zeigt, wie der n. cardiacus vagi, kann aber ebenso, wie ein anderer überreizt werden. In diesem Falle bewirkt Reizung des genannten Nerven keinen Stillstand mehr. Diese Überreizung des n. cardiacus vagi tritt, wie ich häufig beobachtet habe, eher, als an (andern) Nerven des Rumpfs ein.

Der Überreizung geht das Zuckungs- (oder überhaupt Erregungs-) Maximum vorher, welches sich wieder nur auf einen speziellen Reiz und auf die spezielle Reizbarkeit bezieht. Das Zuckungs-Maximum, welches durch ein sehr abgeschwächtes Daniell'sches Element erreicht wird, hat nicht die Grösse, welche überhaupt bei demselben Muskel desselben Thieres zu Stande kommen kann.

Zuckungsminimum.

325. Den niedrigsten Grad der Zuckung nennt man das Zuckungs-Minimum; es ist die absolut geringste Zuckung, welche man überhaupt noch mit blossen Augen wahrnehmen kann. Man kann dieselbe auf verschiedene Weise hervorbringen. Man brückt z. B. den Nerven über zwei feuchte Fäden und galvanisirt diese erst in einer grössern, dann einer immer kleinern Entfernung vom Nerven, bis das galvanische Fluidum, so vielen Widerständen ausgesetzt, den Nerven in hinlänglicher Menge erreicht, um ihn anzuregen. — Diese Versuchsart ist aber zu unsicher und unbeständig, als dass sie Empfehlung verdient. — Ich ziehe es vor, den Strom durch wassergefüllte, u förmig gebogene Glasröhrchen, welche mit einander durch Drahtstückchen verbunden werden, gehen zu lassen. — Sicherer hingegen ist es, durch einen langen Draht den Widerstand zu vermehren, weil die Gefahr der Polarisation hier nicht, wie beim Wasser, vorhanden ist. Jedoch gehört dazu eine grosse Drahtmasse. Der Quecksilberrheochord, von dem unten die Rede sein wird, wie er gewöhnlich gemacht wird, reicht noch bei Weitem nicht aus. Man muss vielmehr noch Drahtmassen einschieben, ehe man im Stande ist, bei reizbaren Fröschen das Zuckungsminimum zu erhalten. Nach dieser Vorbereitung kann man, ohne Ladungen zu befürchten, allmählich den Strom verstärken und die Zuckung bis zum Maximum steigern. — Dieses Zuckungsmaximum ist aber keine constante Grösse. Es gilt erstens, wie schon gesagt, nur als Maximum bei einer bestimmten Stromstärke, aber es richtet sich zweitens nach dem Erregbarkeitszustande des gebrauchten Frosches. Bei genau derselben Stromstärke kann das Resultat anders ausfallen, je nachdem die

Google

individuelle Erregbarkeit grösser oder kleiner ist. Drittens aber bringt die Wiederholung der Reizung eine Veränderung hervor. Wenn man bei derselben Stromstärke mit einer constanten Kette rasch hinter einander zwei Mal reizt, so ist die Zuckung bei der zweiten Reizung grösser als bei der ersten, und vielleicht bei der dritten grösser, als bei der zweiten. Je öfter aber sich die Reizungen wiederholen, desto näher rückt die Ueberreizung, d. h. desto weniger wird die vorige Zuckungsgrösse erreicht.

2) Verschiedenheit der Erregbarkeit.

Erregbarkeitsverschiedenheiten.

326. Ausser der Stärke und Dauer der Reize hängt von der Erregbarkeit der Nerven in hohem Grade die Intensität der Wirkung ab. Vom praktischen Gesichtspunkte aus sind die Erfahrungen, welche am lebenden Körper bei Fortbestehen der Cirkulation gemacht werden können, von grösserer Wichtigkeit, als die nach dem Tode an abgeschnittenen Gliedern gewonnenen Resultate. Hingegen sind jene nicht nur schwieriger, sondern auch ausserordentlich complicirt und nicht mit der Exactheit durchzuführen, als die letztgenannten.

Unsere Kenntniss über die Erregbarkeit während des Lebens beschränkt sich hauptsächlich auf die schon erwähnte Erfahrung, dass bei Blutmangel, woher derselbe immer hervorgegangen sein mag, durch direkte Entziehung von Blut, oder schlechte Ernährung, oder starken Säfteverlust, Gemüthsbewegungen, geistige Anstrengungen etc. Reize leichter Schmerz und Muskelcontractionen bewirken, als bei gutem Ernährungszustande. Auch die Sinnesnerven nehmen unter solchen Umständen schärfer auf, der Geruch ist viel feiner, oft auch das Gesicht und das Gehör.

Ganz allgemein ausgedrückt, kann man sagen, dass alle Ursachen, welche Nervenmasse verbrauchen, zuerst die Erregbarkeit vermehren, und bei einem höhern Grade des Verbrauchs, wenn kein entsprechender Wiederersatz stattfindet, die Erregbarkeit herabsetzen.

Ursachen der Verschiedenheit der Nervenerregbarkeit.

327. Sehr viele Untersuchungen sind am Froschpräparate gemacht worden und wir haben folgende Umstände hiebei besonders zu beachten: 1) Die Veränderung der Erregbarkeit in Folge des allmählichen Absterbens. 2) Die Verschiedenheit der Erregbarkeit an verschiedenen Stellen desselben Nerven. 3) Die Veränderung der Erregbarkeit in Folge von Reizung, welche erkenntlich ist a) nach der Reizung, b) während der Reizung.

Digitized

A. Veränderung der Erregbarkeit in Folge des Absterbens.

328. Nach dem Tode erlischt die Erregbarkeit zuerst in den Centralorganen des Nervensystems, dann in den Stämmen, in den Ästen, in den Endverzweigungen. Diese Beobachtung wurde von Valli und Ritter zuerst gemacht. — Bei Sterbenden schwinden zuerst die Functionen des grossen Gehirns, das Bewusstsein erlischt, die Sinnesorgane versagen ihren Dienst. Reizungen des Rückenmarks bringen bei Thieren nach dem Tode keine Wirkung mehr hervor, wenn die Nerven selbst noch reagiren. Das Schwinden der Erregbarkeit erfolgt eher in den vordern (obern), als in den hintern (untern) Extremitäten, oft ist sie noch im letzten Theile des Schwanzes am längsten vorhanden. — Die Untersuchungen von Rosenthal haben gelehrt, dass der Abnahme der Erregbarkeit nach dem Tode erst eine Zunahme vorhergeht. Die Trennung vom Rückenmark hebt diese Erscheinung nicht auf.[1]) — Heidenhain macht noch besonders darauf aufmerksam, dass ein Unterschied ist, ob man an dem Froschpräparat die Untersuchung anstellt, wenn der n. ischiadicus noch mit der Wirbelsäule communicirt, oder durchschnitten worden ist, weil in Folge des Durchschneidens in der Nähe des Querschnitts die Reizbarkeit erhöht sei.

Valli-Ritter'sche Beobachtung in Betreff des Absterbens.

Bemerkenswerth ist, dass nicht alle Nerven gleich rasch absterben, auch wenn sie unter ähnlichen Verhältnissen sich zu befinden scheinen. Wenn von zwei gleichnamigen Nerven der eine länger und stärker gereizt worden ist, als der andere, so stirbt jener eher ab, aber wir sehen zuweilen in zwei Gliedern den gleichnamigen Nerv der einen Seite, ohne dass er irritirt worden ist, auf denselben Reiz nicht reagiren, der den Nerven der andern Seite stark erregt. Ein Grund dieser überhaupt noch nicht hinlänglich geprüften Erscheinung ist unbekannt. — Der n. sympathicus behält länger seine Reizbarkeit, als die Gehirnnerven, so z. B. lässt sich an der iris durch Reizung des n. sympathicus nach dem Tode beträchtlich länger die Pupille erweitern, als durch Reizung des n. oculomotorius dieselbe verengern. — Auch an demselben Nerven stirbt das dem Rückenmark oder Gehirn nähere Ende eher ab, als das peripherischer gelegene.

---

1) Man vgl. über diesen Gegenstand Heidenhain, Pflüger und Rosenthal in allgem. med. Centralzeitg. 1859. p. 73, 105, 121, 126, 145. — Harless in Abhandl. der Baier. Akad. 1858. VIII, 2.

Digitized by Google

B. Veränderungen der Erregbarkeit an den verschiedenen Stellen desselben Nerven.

Verschiedene Erregbarkeit an verschiedenen Stellen desselben Nerven.

329. Genaue Untersuchungen, welche ich [1]) über die Erregbarkeit an einem und demselben Nerven anstellte, haben ein doppeltes Resultat geliefert, nämlich einmal, dass Reizung des n. ischiadicus des Frosches in der Nähe des Unterschenkels stärker sein muss, wenn durch dieselbe eine Zuckung entstehen soll, als Reizung desselben Nerven in der Nähe der Wirbelsäule, und zweitens, dass es gewisse beschränkte Stellen an den Nerven gibt, welche reizbarer und andere, welche unempfindlicher sind, als andere.

Ich habe zu diesen Versuchen den Inductionsapparat, und zwar den Schlitten von Dubois-Reymond angewendet. Durch Verschiebung der inducirten Rolle kann man bekanntlich die Stromstärke sehr leicht vermehren und vermindern. Um dies genau zu bewerkstelligen, ist an der Seite des Schlittens eine in Millimeter getheilte Skala angebracht. Nachdem der Schenkel so hergestellt war, dass der rein präparirte n. ischiadicus die einzige Verbindung zwischen dem untern Theile der durchschnittenen Wirbelsäule einer Seite und dem hautentblössten Schenkel bildete, wurde der blossgelegte Nerv durch Zeichen in fünf Abtheilungen getheilt. Die noch in der Wirbelsäule gelegenen motorischen Wurzeln nenne ich *A*, die folgenden Abtheilungen *B*, *C*, *D*, *E*. Die letztere lag den Muskeln am Nächsten. Je weiter die inducirte Rolle von der primären entfernt ist, desto schwächer ist die Wirkung, und so umgekehrt. Betrug die Entfernung

540 mm, so sah man nur Zuckung der Abtheilung *A*,
bei 486 mm, " " " " " " " *A* und *B*,
" 418 mm, " " " " " " " *A*, *B*, *C*,
" 305 mm, " " " " " " " *B*, *C*, *D*,
" 248 mm, " " " " " " " *A*, *B*, *C*, *D*, *E*.

Es musste also die Rolle, in diesem Falle, um 292 mm, d. h. um mehr als 10 Zoll vorgerückt werden, ehe Wirkung eintrat an der dem Muskel nahen Stelle, nachdem sie von der um soviel grössern Entfernung schon am obersten Nervenende erfolgt war. — Es kann kein Bedenken obwalten, dass bei einer Entfernung beider Rollen von 248 mm die Stromstärke beträchtlicher ist, als bei einer Entfernung von 540 mm. Dies ist schon durch den Eintritt und das Ausbleiben

1) Budge in Froriep's Tagesbericht. 1852. No. 445, p. 329 und No. 509, p. 348.

Digitized by Google

der Zuckungen bewiesen. Man kann nicht dadurch bestimmen, um wieviel die eine Stromstärke die andere übertrifft, wohl aber, dass sie sie übertrifft; und grade dies ist dasjenige, worauf es hier ankommt. [1]) — Dasselbe Resultat wurde durch Pflüger mittelst des constanten Stromes gefunden. — Nach den Versuchen von Heidenhain steigt zwar im Ganzen die Erregbarkeit gegen den obern Theil des Nerven, jedoch soll an der Stelle, an welcher der n. ischiadicus

---

1) Pflüger hat in seinem Expropriationsstreben zu beweisen sich bemüht, dass die Stellung der secundären Spirale nicht massgebend für die Stärke des Reizes sei, und hat deshalb behauptet, er, und nicht ich hätte dies sogenannte Gesetz erst wirklich festgestellt. Er hat sich des constanten Stromes bedient und durch den Multiplicator die jedesmalige Stromstärke bestimmt, und sich auf diesem Wege genau so wie ich überzeugt, dass eine grössere Stromstärke erforderlich sei, um von einer dem Muskel nahen Nervenstelle aus Zuckung zu erzeugen, als von einer entfernteren. Es ist aber, um diesen Satz nachzuweisen, gar keine Messung nothwendig. Zwischen Sein und Nichtsein gibt es keinen Übergang. Wenn in einem Falle eine Zuckung vorhanden war, und in dem andern Falle nicht, und wenn in beiden Fällen dieselbe äussere Ursache obwaltete, so schliesse ich, dass dort dieselbe Ursache eine andere Wirkung als hier hervorbringt. Wenn nun bei meinen Versuchen Alles gleich geblieben war, mit Ausnahme der Stelle des Nerven, so muss ich weiter schliessen, dass für denselben Reiz die eine Stelle empfänglich ist, die andere nicht; oder was dasselbe sagt, dass die eine Stelle erregbarer ist als die andere. Wenn man nun beweisen will, dass es mehr oder weniger erregbare Stellen gibt, so hat es nicht den geringsten Werth, den angewandten Reiz zu messen oder zu wägen. Er darf gross oder klein sein, diese oder jene Entstehung haben, — wenn er an einer Stelle wirkt und an einer andern nicht, so nenne ich jene unempfänglicher als diese. Die Bestimmung des Reizes kann nie dazu dienen, die Grösse der Erregbarkeit zu bestimmen; auch nie einen annähernden Werth anzugeben, bei welcher Stärke eine Zuckung an einer bestimmten Stelle sich zeigt. Denn die individuelle Erregbarkeit ist so verschieden, dass nicht einmal zwei gleichnamige Nerven desselben Thieres gleich sind. — Es kommt nur darauf an, behaupten zu können, dass die Nervenstärke bei genäherten Rollen des Schlittenapparates grösser ist, als bei ferner stehenden, was bei solchen Dimensionen, wie ich gefunden, unbezweifelt ist. Wenn ich nun bei einer gewissen Stellung der Rolle in gleicher Weise die Drähte auf die Stelle *A* und gleich danach auf die Stelle *E* anlege, und dasselbe 20 Mal wiederhole und jedesmal dort Zuckung, hier keine Spur davon sehe, wenn ich mit gleichem Resultate eine Menge anderer Versuche mache, so wird Niemand annehmen, dass der Reiz nicht derselbe geblieben wäre, aber auch Niemand zweifeln, dass der vollgültige Beweis vorliegt, dass *E* minder erregbar, als *A* ist, wie ich ihn gegeben habe, und wie ihn Pflüger auf anderm Wege nur bestätigen konnte. Neuerlich hat Heidenhain ausführlich dargethan, dass bei der von mir gebrauchten Methode die Stromstärke wirklich bei Annäherung der Stelle regelmässig zunimmt. Man vgl. über diese Gegenstände Budge, l. c., und Virchow's Arch. 1860. XVIII, 457. Monatsbericht der Berl. Akad. 1858. 15. Juli. — Pflüger, ebend. 1858. 9. Aug. — Phys. des Elektrotonus, p. 141. — Heidenhain, Studien des physiol. Inst. zu Breslau. Leipzig 1861. p. 1.

Digitized by Google

sich in den n. peroneus und tibialis spaltet, von dem Unterschenkel bis zur Theilung die Erregbarkeit abnehmen, von da an wieder bis in der Nähe der Wirbelsäule steigen, dann wieder abnehmen.

Es muss bemerkt werden, dass meine oben angegebenen Versuche nicht zu jeder Zeit gleich gut gelingen, indem ich namentlich beobachtete, dass während der Begattungszeit des Frosches die Erscheinung nicht so deutlich war.

Ich habe zu beweisen gesucht, dass diese auf den ersten Anblick so auffallende Erscheinung der verschiedenen Erregbarkeit an verschiedenen Stellen desselben Nerven mit dem Absterben des Nerven zusammenhänge. Ich habe nämlich gefunden, dass das Verhältniss nicht so bleibt, wie es im Anfang gewesen war. Indem nämlich zuerst die obere Stelle des n. ischiadicus reizbarer ist, als die untere, sieht man bald nachher grade das Umgekehrte. Die letztgenannte übertrifft die erstere. Der Nerv stirbt aber oben eher ab als unten. Wenn nun dem Absterben, wie oben erwähnt, eine grössere Reizbarkeit vorhergeht, so muss natürlich der obere Nerventheil, der dem Absterben näher ist, auch reizbarer sein, als der untere, welcher aber später in denselben Zustand kommt. [1])

Reizbare Stellen und Knoten.

330. Die zweite Erscheinung, welche indess bis jetzt noch gar keine Erklärung gefunden hat, besteht nach meiner Beobachtung [2]) darin, dass es beschränkte Stellen am n. ischiadicus gibt, welche sich durch ihre Reizbarkeit auszeichnen. Es gibt namentlich eine Stelle, welche besonders auffällt. Wenn man sich den n. ischiadicus am Oberschenkel in vier Abtheilungen getheilt denkt, so liegt dieselbe ungefähr am Anfange der zweiten Abtheilung vom Steissbeine an gerechnet. Sie ist durch den Abgang eines starken Nervenzweiges kenntlich und beginnt meist gleich unter diesem Abgange. Sie ist gewöhnlich nur einige Millimeter lang, oberhalb und unterhalb dieser reizbaren Stelle sieht man keine Spur von Zuckung bei gleicher Kraft, wenn hier ebenso lange und ebenso stark, überhaupt ganz unter denselben Umständen gereizt wird. — Von Harless und Pflüger wurde diese Erscheinung bestätigt. Neben diesen mehr erregbaren Stellen habe ich andere gefunden, welche durch eine geringere Erregbarkeit auffallen, welche ich Knotenpunkte nenne. Sie sind oft ausserordentlich kurz. — Sogar durch unipolare Reizung lassen sich diese Knotenpunkte nachweisen. [3]) — Ich habe

1) Budge in Virchow's Archiv. 1860. XVIII, 457.

2) Budge in Froriep's Tagesber. 1852. No. 509. p. 348.

3) Heidenhain, Studien. I, 19, glaubt, dass die Annahme dieser Knotenpunkte wahrscheinlich von einer nicht tadelfreien Ausführung meiner Versuche

Digitized by Google

gesehen, dass durch wiederholte, schwache Reizung die Unempfindlichkeit der Knotenpunkte abnahm und eine Stromstärke wirkte, welche früher ohne Erfolg angewandt wurde. — Eine Knotenstelle zeigt sich nicht selten 1, selbst $^1/_2$ mm und weniger von einer reizbaren Stelle entfernt.

Ältere Erfahrungen.

331. Von Valleix wurde beobachtet, dass Gefühlsnerven an Stellen, wo Nervenstämme oder Äste aus knöchernen Kanälen oder Lücken einer Fascie hervortreten, die eigene Erscheinung darbieten, dass in einem Umfange von wenigen Linien man hier den heftigsten Schmerz, dort völlige Schmerzlosigkeit wahrnehme. Auch von Kilian und Harless wurden an Stellen, an welchen die Nerven sich in grössere Äste zerspalteten, die Muskelnerven für galvanische Reactionen empfänglicher gefunden.[1])

C. Veränderung der Erregbarkeit durch Anwendung von Reizen.

1) Wirkung des constanten elektrischen Stroms auf die Erregbarkeit der Nerven.

Veränderungen der Erregbarkeit durch den elektrischen Strom.

332. Fliesst ein constanter Strom eine gewisse Zeit hindurch durch eine grössere oder kleinere Nervenstrecke, so findet sich in der Regel keine augenfällige Erscheinung mehr, nachdem die bei der Schliessung der Kette auftretende Zuckung vorüber ist, wovon oben schon gehandelt wurde. Hingegen haben die Beobachtungen gelehrt, dass die Erregbarkeit dennoch Veränderungen erfährt. Dies sieht man 1) an den Erscheinungen, welche von selbst ohne angewandten Reiz eintreten, nachdem eine lang geschlossen gehaltene Kette geöffnet wird; 2) an den Erscheinungen, welche die durchflossene Strecke gegen angewandte Reize nach Eröffnung der Kette offenbart; 3) an den Erscheinungen, welche sich zeigen, wenn zugleich neben der geschlossenen Kette noch Reize angewandt werden.

1) Öffnungszuckung.

333. Ad 1) Wenn eine constante Kette eine Zeit lang geschlossen bleibt, so tritt nach der Eröffnung nicht eine einfache Öffnungszuckung ein, sondern ein mehr oder weniger lang andauernder tetanus, welcher zuerst von Ritter beobachtet wurde, und daher auch Ritter'scher Öffnungstetanus genannt wird. Diese Erscheinung hängt jedoch sehr von der Richtung des Stromes ab, sie kommt nämlich vorzugsweise dem aufsteigenden Strome zu, durch welchen

herrühre, namentlich weil der Nerve nicht gleichmässig befeuchtet gewesen sei. Wenn man die kleinen Stellen alle durchprobirt, wird man finden, dass ich alle nöthigen Vorsichtsmassregeln angewendet habe, und meine Resultate bestätigt sehen.

1) Vgl. Henle, Ration. Path. II, 140.

Digitized by Google

überhaupt die Nerven so disponirt werden, dass leichter eine Öffnungszuckung entsteht (vgl. p. 631).

Ritter glaubte, nur bei dieser Stromesrichtung komme ein tetanus der Art vor, neuerdings hat man (Rosenthal[1]), Wundt)[2]) ihn auch beim absteigenden Strome, jedoch in viel geringerm Grade beobachtet. — Der durch den anhaltenden aufsteigenden Strom entstandene tetanus verschwindet wieder, wenn man den Strom in derselben Richtung schliesst, und entsteht von Neuem bei Eröffnung desselben (Ritter). Ein starker aufsteigender Strom hebt die molekulare Bewegung in dem Nerven auf, überreizt gewissermassen denselben. Wird er wieder aufgehoben, so kommt die zurückgehaltene Bewegung wieder zum Durchbruch. Schliesst man die Kette in einer Richtung, welche derjenigen entgegen gesetzt ist, bei welcher der tetanus entstand, so hört er, nach Rosenthal, nicht auf, sondern wird noch verstärkt und schwindet erst beim Öffnen derselben. — Dies zeigt sich sogar noch, wenn der tetanus bereits aufgehört hat. Wenn man also z. B. durch einen Nerventheil eine Zeit lang den aufsteigenden Strom hat durchfliessen lassen und öffnet die Kette, so ist der Ritter'sche tetanus vorhanden. Schliesst man nun absteigend die Kette, so hört er nicht auf, sondern wird noch verstärkt, öffnet man die absteigende Kette, so hört er auf. Durch den absteigenden Strom wird nicht wie durch den aufsteigenden die molekulare Bewegung unterdrückt, sondern befördert, es dauert daher der schon vorhandene tetanus fort. Hatte man abgewartet, bis der tetanus, welcher nach Öffnung des aufsteigenden andauernden Stroms entstanden war, von selbst aufgehört hatte, und schliesst nun absteigend, so entsteht auch jetzt ein starker Ritterscher tetanus.

Um sich diesen Gegenstand zur bessern Anschauung zu bringen, ist es vielleicht erlaubt, eine Hypothese aufzustellen, durch welche man sich die Resultate leichter erklären kann, was unschädlich ist, wenn man die Hypothese eben als solche nimmt. Man stelle sich nämlich vor, dass durch den elektrischen Strom eine molekulare Bewegung in dem Nerven hervorgebracht wird, welcher in einer gewissen Richtung fortschreitet. Diese Bewegung oder wenn man lieber will, Undulation oder auch Nervenströmung, ruft eine zweite Nervenströmung in demselben Nerv hervor, ähnlich so, wie, wenn der constante Strom durch einen Draht geht, in denselben ein zweiter Strom inducirt wird. Dieser secundäre Strom im Drahte

---

1) Rosenthal in Zeitschrift für rat. Med. 3. Reihe. IV, 117, und Monatsschrift der Berl. Akad. 1857. Dec.

2) Wundt in Archiv für phys. Heilk. II, 356.

Digitized by Google

fliesst in entgegengesetzter Richtung, wie der primäre, wenn die Kette geschlossen wird, und schwächt daher; hingegen in gleicher Richtung bei Öffnung der Kette und verstärkt den primären. Bei der inducirten secundären Nervenströmung zeigt sich nun eine Verschiedenheit, je nachdem der galvanische Strom aufsteigend oder absteigend durch den Nerven fliesst. In jenem Falle ist die secundäre Strömung anders gerichtet, als die primäre, schwächt aber die erste und kann sie selbst aufheben. Die Zuckung bleibt aus. Bei der Öffnung des aufsteigenden Stromes hingegen ist die primäre und secundäre Nervenströmung gleichgerichtet, die Zuckung wird stark. — Umgekehrt ist es bei dem absteigenden Strome, bei der Schliessung sind die beiden Nervenströmungen, der primäre und secundäre gleichgerichtet, bei der Öffnung entgegen gesetzt. — Bei weiterm Nachdenken wird man mit dieser Hypothese Manches erklären können, was sonst dunkel erscheint. Eine Vergleichung mit dem Hergange bei den inducirten Strömen dient zur Aufhellung.

Verhalten einer gereizten Stelle auch vollen deter Reizung gegen neue Reize.

334. Ad 2) Wenn ein constanter Strom eine Zeit lang durch eine Nervenstrecke floss und sodann entfernt wird, so ist nachher sowohl die gereizte Stelle selbst, als auch die Nachbarstelle verändert, und zwar findet sich hier zuerst eine Abnahme der Erregbarkeit und später eine Zunahme (Pflüger). Nach meinen eigenen Erfahrungen hängt von der Stromstärke und der Zeitdauer, während welcher die Reizung angewandt wurde, ausserordentlich viel ab. Bei schwachen Strömen, welche nur kurze Zeit angewandt werden, fehlt die Abnahme der Erregbarkeit fast ganz und man findet nur eine Erhöhung derselben. Je stärker hingegen der Strom war, je länger die Reizung gedauert hat, desto grösser ist die Abstumpfung, welche, wie auch Pflüger angibt, in der Nähe der gereizten Stelle am grössten ist und in der Entfernung von derselben abnimmt. Derselbe Forscher bemerkt ferner, dass nach sehr langer Dauer starker aufsteigender Ströme eine Abnahme entsteht, welcher eine Zunahme der Erregbarkeit gar nicht folgt. —

Über die Erregbarkeitsvermehrung nach Anwendung des galvanischen Stromes möge hier aus meinen zahlreichen Versuchen einer kurz erwähnt sein. — An einem Froschpräparate wurde etwa in der Mitte des Nerven eine aus drei Daniell'schen Elementen bestehende Kette aufsteigend ungefähr $^1/_2$ Minute geschlossen; keine *S*, sondern bloss *O*. Unterhalb der eben gereizten Stelle, also näher dem Unterschenkel, waren die Pole einer zweiten nur ein Element enthaltenden Kette an den Nerven angelegt. Wurde diese in absteigender Richtung geschlossen, während die obere geöffnet war, so erfolgte bloss Schliessungszuckung. Nun wurde eine Weile gewartet, in welcher beide Ketten geöffnet blieben, dann die obere allein ebenso

Digitized by Google

wie vorher geschlossen, und nach deren Öffnung die untere geschlossen. Jetzt zeigte diese nicht mehr wie früher *S*, sondern *SO*, also eine Wirkung, als ob man einen stärkern Reiz angewandt hätte. Wenn die obere Kette nur 5 Secunden geschlossen blieb, so verschwand die *O* schon nach 5—8 Secunden, wurde sie 10 Secunden geschlossen, so verschwand sie erst nach 15 Secunden.

Erhöhung der Erregbarkeit durch den galvanischen Strom bei Kranken.

In neuerer Zeit hat man bei Kranken die Elektrizität dazu benutzt, um die gesunkene Erregbarkeit zu erhöhen. In vielen Fällen ist es in der That gelungen, durch den Willensreiz nach Anwendung des constanten electrischen Stroms Bewegungen zu erzielen, welche vorher in Folge desselben Reizes nicht möglich waren, vgl. Remak Galvanotherapie. Berlin. — Einige Beobachtungen Remak's mögen hier beispielsweise erwähnt werden. Nachdem ein constanter Strom von gewisser Stärke und Dauer durch einen motorischen Nerven und Muskel geflossen ist, entsteht eine viel kräftigere Muskelcontraction, wenn nun ein inducirter Strom angewandt wird. — Ein Strom von zehn Daniell'schen Elementen einige Minuten durch den Oberschenkel eines Frosches geleitet, bewirkte, dass die Blutgefässe der Haut sich ausdehnten, die Muskeln roth, mit Blut gefüllt, härter und geschwollener wurden. — Bei Gelähmten, welche schon seit Jahren die Flechsen der Hand nicht bewegen konnten, wurde durch dieselben ein inducirter Strom am Vorderarm geleitet. Während der Stromeswirkung liess sich die Hand mit Leichtigkeit öffnen, und die Beweglichkeit der in Contractur begriffenen Muskeln dauerte bis zum andern Tage.

Restitution der gesunkenen Erregbarkeit durch constante Ströme.

335. Hierher gehören auch die Beobachtungen von Heidenhain [1]), nach welchen die gesunkene Erregbarkeit wieder durch den constanten Strom gehoben werden kann. Wenn nämlich ein Muskel dadurch, dass er lange mittelst des inducirten Stroms galvanisirt wurde, oder durch Eintauchen in warmes Wasser etc. seine Reizbarkeit verloren hatte, so wird er wieder erregbar, wenn man einen starken constanten Strom eine Zeit lang durch denselben fliessen lässt. War der Strom aufsteigend, so sieht man bei der Öffnung desselben eine Zuckung entstehen und auch bei der Schliessung des aufsteigenden Stromes, sowie durch den inducirten Strom. Hingegen entstand keine *O*, wenn der Strom absteigend den Nerven durchflossen hatte. — Ebenso verhält es sich hinsichtlich des aufsteigenden Stromes, wenn man durch den absteigenden die verlorene Erregbarkeit wieder herstellte. — Rosenthal stellt folgende allgemeine Regel auf. Wenn man durch einen Nerven einen constanten Strom in aufsteigender

1) Heidenhain, Phys. Studien. Berlin 1856. p. 55.

Digitized by Google

Richtung fliessen lässt, so ist der Nerve für die Öffnung der Kette erregbarer geworden. Schliesst man dann wieder in derselben Richtung, also aufsteigend, so ist die Schliessungszuckung schwächer, als sie vorher war. Schliesst man hingegen absteigend, so ist die *S* stärker als vorher, hingegen die *O* schwächer als vorher. Wenn man nach Rosenthal einen absteigenden Strom durch den Nerven fliessen lässt, so soll auch derselbe für die Öffnung desselben Stromes erregbarer gemacht werden, ebenso für die Schliessung des entgegengesetzten, hingegen weniger erregbar für die Schliessung desselben Nerven und für die Öffnung des entgegengesötzten.

Veränderung einer Nervenstelle, während ihre Nachbarstelle gereizt wird.

336. Ad 3) Wenn man durch Kochsalz, welches auf eine beschränkte Stelle des n. ischiadicus gelegt worden ist, Zuckungen in den Muskeln des Fusses und Unterschenkels hervorgebracht hat, so kann man durch Anwendung des elektrischen Stroms unter gewissen Bedingungen diese Zuckungen noch viel stärker machen und unter andern sie ganz zum Aufhören bringen. — Schon Ritter[1]) hatte beobachtet, dass bei langdauernder Schliessung einer galvanischen Kette durch beide Arme derjenige Arm in fast tetanische Steifheit gerieth, welcher mit dem negativen Pol in Verbindung war, während die Beweglichkeit des andern Armes zunahm. Nobili[2]) und Dubois-Reymond[3]) sahen den durch verschiedene Einwirkungen auf den Nerven in Zuckung gerathenen Muskel dadurch in Ruhe kommen, dass ein constanter Strom durch den Nerven durchgeleitet wurde.

Valentin's Versuche.

337. Valentin[4]) hat zwei galvanische Ströme gleichzeitig auf den Nerven einwirken lassen und beobachtet, dass, während die eine Kette geschlossen war, die andere keine Zuckung mehr veranlasste, bis jene wieder geöffnet wurde. —

Eckhard's Versuche.

338. Eckhard[5]) hatte zuerst die Aufmerksamkeit darauf gerichtet, dass es einen Unterschied macht, ob der galvanische Strom, welcher die durch einen zweiten Strom hervorgerufene Reizung nicht zur Erscheinung kommen lässt, in absteigender oder aufsteigender Richtung den Nerven durchfliesst. Er fand erstens, dass man dadurch im Stande sei, die Zuckung zu vergrössern, wenn man in der Nähe des Rückenmarks eine Kette durch einen Nervenabschnitt absteigend schliesst, und während des Geschlossenseins durch einen andern in der Nähe des Muskels durchgehenden schwachen Strom eine Reizung anbringt. Die Zuckung fällt nämlich unter diesen Um-

1) Ritter in Gilbert's Annalen. VII, 477.
2) Nobili in Ann. de chim. et phys. 1830. p. 30.
3) Dubois-Reymond, Unters. I, 384.
4) Valentin, Lehrbuch der Phys. II, 655.
5) Eckhard, Beitr. zur Anat. und Phys. Giessen 1858. I, 44.

Digitized by Google

ständen stärker aus, als bei geöffneter Kette. — Er hatte dasselbe Resultat auch mit Hülfe der Reizung durch Kochsalz erhalten. —

Zweitens beobachtete Eckhard, dass, wenn man umgekehrt den absteigenden constanten Strom durch den in der Nähe des Muskels gelegenen Nerventheil gehen lässt, ein Reiz, welcher oberhalb dieser Kette (d. h. näher der Wirbelsäule) angebracht wird, so lange geringere Wirkungen zeigt, als die untere Kette geschlossen bleibt.

Eckhard stellte den Satz auf, den er jedoch noch hypothetisch nennt (p. 45): "jeder constante den motorischen Nerven durchfliessende Strom bringt auf der durchflossenen und über die positive Elektrode hinaus gelegenen Strecke Verminderung, dagegen auf der jenseits der negativen Elektrode befindlichen Erhöhung der Erregbarkeit hervor.

Mit diesem Satze war nur ein Versuch von Eckhard nicht in Übereinstimmung zu bringen. Er fand nämlich, dass wenn er den aufsteigenden Strom in der Nähe des Muskels durch den Nerven gehen liess, ein weiter nach Oben, d. h. näher dem Rückenmark angebrachter Reiz keine vermehrte, sondern eine verminderte Zuckung veranlasste. Hier war also die Nervenstelle in der Nähe des negativen Poles nicht in erhöhter, sondern in verminderter Erregbarkeit.

Pflüger's Versuche.

339. Pflüger [1]) hat jedoch gefunden, dass, wenn der in der Nähe des Muskels angebrachte Strom eine nur mässige Stärke hat, auch durch die aufsteigende Richtung die Erregbarkeit in der Nähe des negativen Poles erhöht werde. Bei einem starken Strome sah Pflüger dasselbe Resultat, wie auch Eckhard, welcher von vorn herein zu starke Ströme angewandt hatte. — Pflüger erklärt die Abnahme dadurch, dass die Nervenpartie, welche von einem starken Strome durchflossen wird, das Leitungsvermögen verliert, weshalb ein Reiz, welcher oberhalb dieser Stelle angebracht wird, keine Wirkung mehr auszuüben vermag. — Wenn diese Erklärung richtig ist, wenn überhaupt kein Fall existirt, in welchem die Erregbarkeit am positiven Pole nicht herabgesetzt und am negativen Pole nicht verstärkt ist, so wäre der von Eckhard hypothetisch aufgestellte Satz als wirklich bestehend von Pflüger nachgewiesen. Dies ist nun in der That das Resultat, zu welchem Pflüger gekommen ist. —

Katelektrotonus und Anelektrotonus.

340. Er benennt den Zustand der Erregbarkeit, in welchen der Nerventheil versetzt wird, der sich in der Nähe des negativen Poles befindet, Katelektrotonus, und den Zustand der Erregbarkeit,

---

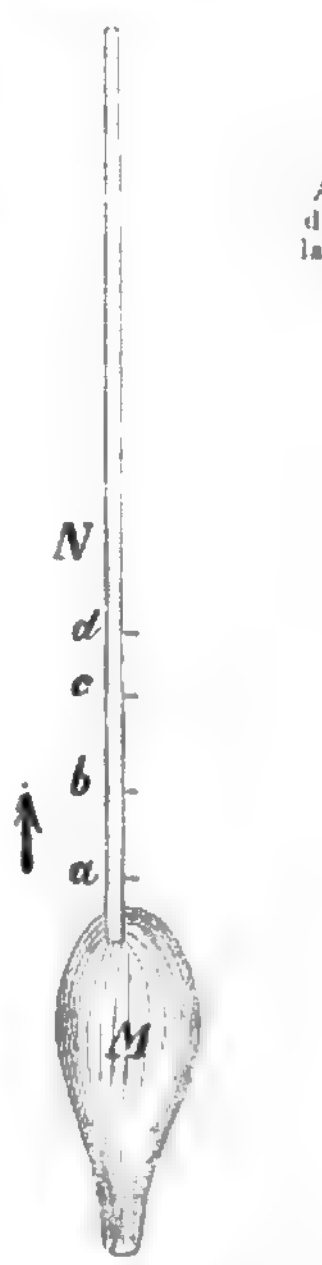
1) Pflüger, Phys. des Elektrotonus. Berlin 1859.

Digitized by Google

in welchen der Nerv durch den positiven Pol versetzt wird, Anelektrotonus. Die Ausdrücke rühren daher, weil nach Faradey die negative Elektrode Kathode, die positive Anode genannt wird, und weil Elektrotonus den durch das Durchleiten eines elektrischen Stromes in einem Nerven hervorgebrachten Erregungszustand desselben bedeutet. — Ferner nennt Pflüger den Katelektrotonus aufsteigend, wenn die negative Elektrode dem Rückenmark, und absteigend, wenn sie dem Muskel zugekehrt ist, und in ähnlicher Weise wird auch der Anelektrotonus von ihm bezeichnet. Endlich nennt er die Nervenstrecke, welche zwischen den Elektroden liegt, intrapolar und die daran gränzende extrapolar. — Obgleich diese ganz neue Nomenclatur keinen erheblichen Nutzen gewährt, das Verständniss vielmehr erschwert, so muss sie doch hier angegeben werden, weil sie bei der Fruchtbarkeit der neuern Arbeiten über Zuckungsgesetz und verwandte Gegenstände so häufig in Anwendung gebracht wird.

Es gibt vier Hauptversuche, bei welchen ein zwiefacher Reiz auf den Nerven angewendet wird, um die Veränderung der Erregbarkeit durch den constanten elektrischen Strom darzuthun. In den folgenden vier Figuren soll durch die Linie *N* der n. ischiadicus, und durch *M* der Unterschenkel und Fuss angedeutet sein.

Figur 195.



Aufsteigender extrapolarer Katelektrotonus.

Aufsteigender extrapolarer Anelektrotonus.

341. Wenn in Fig. 195 durch ein Elektrodenpaar bei *ab* ein constanter Strom in aufsteigender Richtung durch den Nerven geht, während bei *cd* eine zweite schwache Kette, die aus ein oder zwei Daniell'schen oder aus einem Grove'schen Elemente besteht, angelegt ist, gleichviel ob in dieser aufsteigend oder absteigend der Strom fliesst, so wird die Zuckung, welche von *cd* herrührt und deren Stärke vorher gemessen worden ist, stärker, sobald die Kette *ab* geschlossen wird. (Nach Pflüger aufsteigender extrapolarer Katelektrotonus.) Ich stelle den Versuch so an, dass ich in eine Klemme die Enden der beiden Elektrodenpaare (mit Platinspitzen) einbringe, die andern Enden tauchen in die Quecksilbernäpfchen der beiden Batterien. Sie bleiben aber noch vorläufig ungeschlossen. Nun brückt man den Nerven über beide Elektrodenpaare, welche ziemlich nahe (etwa 5—10 mm nebeneinander) stehen, und schliesst die Kette *cd*. Die Zuckung, welche im Muskel entsteht, muss nun ihrer Grösse nach bestimmt werden. Dies geschieht durch das Myo-

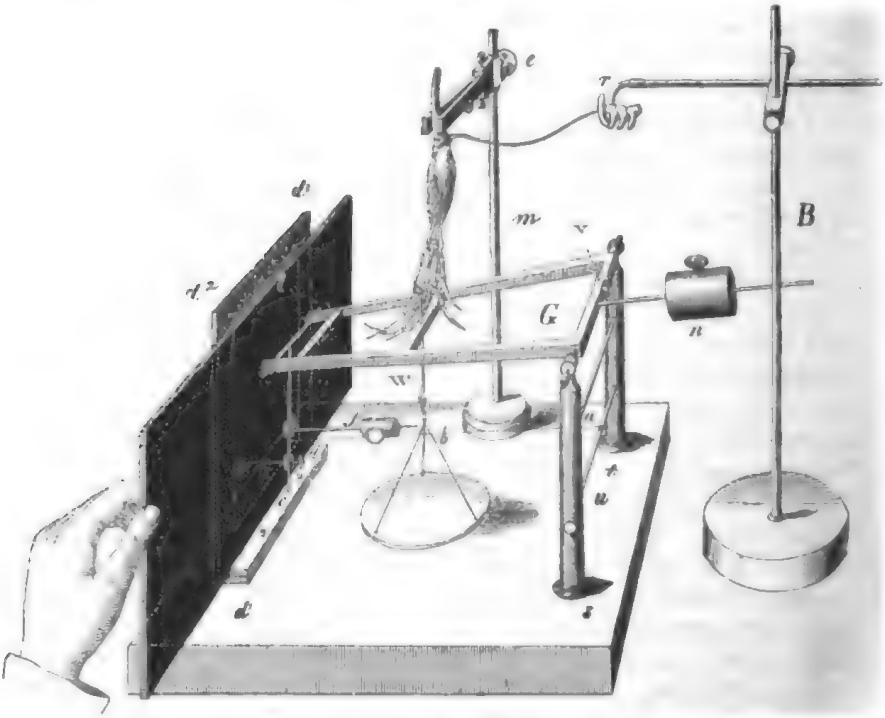
Digitized by Google

graphion, dessen Beschreibung wir nach dem von Pflüger modificirten Helmholtz'schen geben (s. Fig. 196).

Myographion.

Ein Mahagonibrett trägt zwei messingene Säulen st, welche durch zwei Querbalken miteinander verbunden sind. Der untere dieser Querbalken ist durch eine Schraube, welche sich in s befindet, um seine Axe drehbar. In der Mitte desselben ist (bei a) ein seidener Faden umgewickelt, dessen anderes Ende an dem vertikalen Metallstabe c befestigt ist. Da dieser Stab durch ein Charnier vor- und rückwärts sich bewegen kann, so zieht der Faden, wenn er durch Umwickeln um den Querbalken u angespannt wird, den Stab nach Hinten gegen die Säulen. Die Anspannung des Fadens erfolgt aber

Fig. 196.



Myographion nach Pflüger.

durch Drehung der Schraube in s; ebenso kann durch entgegengesetzte Drehung die Abspannung bewirkt werden. Die beiden Säulen tragen einen Rahmen G, dessen Querbalken v mit zwei Spitzen auf den Säulen s und t ruht. An diesem Querbalken v ist ein Stab, welcher ein Laufgewicht n trägt, befestigt. Der Rahmen hat ungefähr in der Mitte noch einen Querbalken w, an welchem oben und unten ein Haken befestigt ist. An dem untern hängt eine kleine

Digitized by Google

Wage. Wenn dieselbe mit Gewichten beschwert ist, so kann sie den Rahmen abwärts ziehen, wie derselbe andererseits durch das Laufgewicht n' gehoben werden kann. In den obern Haken kann noch ein zweiter eingebracht werden, welcher die Bestimmung hat, in den Fuss eines an seinem obern Ende befestigten Froschschenkels eingehakt zu werden. Wenn die Muskeln des Froschschenkels sich contrahiren, so werden sie den Haken und damit den ganzen Rahmen in die Höhe ziehen, und sobald die Contraction nachlässt, sinkt er wieder herab. — Am vordern Ende des Rahmens befindet sich ein messingener Querbalken und vor demselben eine Stahlwalze, deren Spitzen in dem Rahmen liegen. Diese Walze trägt den vertikalen Stahlstab *c*. Die Walze mit dem Stabe *c* dreht sich in der Richtung von Vorn nach Hinten, und da der Rahmen, mit welchem die Walze verbunden ist, nach Oben und Unten sich bewegen kann, so kann der Stab sowohl gehoben und gesenkt, als auch nach Vorn und Hinten bewegt werden. An diesem befindet sich mit einer Schraube befestigt, ein kleiner spitzer Stahlstift, welcher natürlich dieselben oben erwähnten Bewegungen des Stahlstabes *c* machen kann.

Auf dem Mahagonibrette steht nun noch ein zweiter Rahmen $d\,d^1\,d^2\,d^3$ parallel mit den Messingsäulen *s* und *t*. Er hat unten einen Falz und oben eine Klammer und dient dazu, ein berusstes Glas aufzunehmen, welches mit der Hand fortgeschoben wird. An das Glas kann der spitze Stift *x* durch das Drehen an der Schraube der Säule *s* genau angerückt werden. Wird nun der obere Haken des Messingrahmens durch Muskelcontraction gehoben, so zieht der Stift auf der berussten Glastafel einen Strich, welcher je nach der Stärke der Zuckung länger oder kürzer ausfällt. Er bildet ein Mass für die Zuckungsgrösse. Man muss den rechten Grad der Schwärzung anwenden, was die Übung leicht gibt, damit die Reibung möglichst gering und gleichmässig bei allen Versuchen sei; auch muss man die Annäherung der Spitze in gleicher Weise bewirken.

Endlich ist noch die Befestigung des Froschschenkels zu beschreiben. Hiezu dient eine Messingsäule *m*, welche gleichfalls auf der Mahagoniplatte befestigt ist. An derselben ist eine Hülse verschiebbar, welche einen Stab trägt, an den ein anderer wie eine Pincettenbranche gegen die erste sich hin und her bewegt. Zwischen diese beiden Platten wird der Knochen des Oberschenkels geklemmt, was durch eine Schraube leicht geschehen kann. Der n. ischiadicus wird auf einen Träger gelegt, an welchem durch eine Hülse ein in einen gebogenen Glasstab ausgehender Messingstab angebracht ist, der seitlich und auf- und abwärts gedreht werden kann.

Ist nun auf diesem Wege die Länge des durch die Zuckung gezeichneten Striches, welche der Zuckungsgrösse proportional ist,

Digitized by Google

gemessen, so wird die constante Kette *ab* (Fig. 195), welche man die polarisirende Kette nennt, geschlossen, dann von Neuem durch die Kette *cd*, welche man die erregende Kette nennt, eine zweite Zuckung erzeugt, aufgeschrieben und gemessen. So fährt man fort und kann eine ganze Anzahl von Versuchen an demselben Schenkel anstellen. Pflüger fand, dass jedesmal der Strich länger ausfiel, wenn der erregende Strom den Nerventheil durchfloss, während die polarisirende Kette geschlossen war, als nach der Öffnung derselben. So reizte er z. B. in seinem zweiten Versuch 31 Mal den Nerven bei geöffneter polarisirender Kette, wobei die Zuckungsgrösse zwischen 0,2 und 1,9 mm ergab, und jedesmal also auch 31 Mal bei geschlossener polarisirender Kette. Im letztern Falle ergab die Messung eine Länge von 4,7 (in den letzten Reizungen) bis 8,7 (in den ersten Reizungen bei vollem Masse der Erregbarkeit).

Steigert man hingegen die Stärke des polarisirenden Stromes, oder wendet man von vorn herein einen starken Strom an, so ist man nicht mehr im Stande, die schwache, durch die erregende Kette hervorgebrachte Zuckung zu vergrössern, vielmehr wird sie kleiner oder verschwindet ganz.

Man kann sich von der Richtigkeit dieser beiden Versuche im Allgemeinen schon recht gut überzeugen, ohne dass man Messungen anstellt, durch den Augenschein. Um die Vergrösserung der Zuckung zu zeigen, muss man dieselbe nur recht klein machen, so dass sie eben spurweise auftritt.

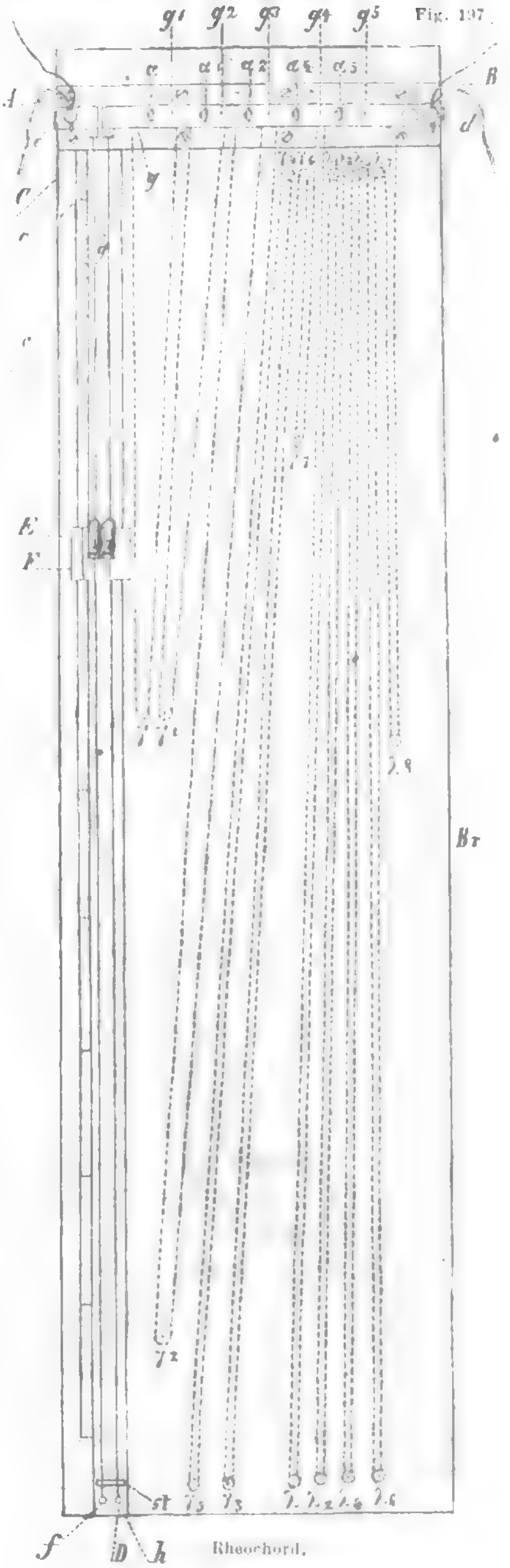
Zu einer Abschwächung des Stromes bedient man sich, wenn man zugleich ein Mass der Abschwächung dabei haben will, eines Apparates, welcher von Dubois-Reymond angegeben und mit dem Namen Rheochord belegt worden ist. Der Strom wird nämlich, ehe er den Nerven erreicht, durch eine Reihe von Metalldrähten durchgeführt und dadurch der Widerstand vermehrt und somit die elektromotorische Kraft vermindert. Da nun diese Nebenschliessung mehr oder weniger verändert werden kann, so kann man die Stromstärke auch mit grosser Bestimmtheit abstufen.

Rheochord. 342. Das Rheochord ist ein etwa 20 CM. breiter und ungefähr sechs Mal so langer Kasten. Auf seiner Oberfläche findet sich am einen Ende eine der Breite und eine der Länge nach verlaufende Leiste *AB* und *CD*. — Auf der Leiste *CD* verlaufen auf einem Stege *st* zwei Platindrähte *ef* und *gh* parallel neben einander. Sie sind unten an zwei Wirbel *f* und *D* befestigt, oben an den zwei neben einander liegenden Metallklötzen, welche auf dem Querbrette liegen, und zwar an den ersten *ef* und an den zweiten mit *g* bezeichneten *gh*. Ausser diesen zwei Metallklötzen liegen auf dem Querbrette noch fünf andere $g^1\ g^2\ g^3\ g^4\ g^5$, alle von einander isolirt.

Digitized by Google

Die Elektricität kann also von einem Klotze zum andern nicht übergehen. In der Mitte des Spaltes, welcher zwischen je zweien Metallklötzen ist, befindet sich eine rundliche Öffnung, in welche ein metallner Wirbel passt. Sobald diese Wirbel, von denen fünf vorhanden sind α, α^1, α^2, α^4, α^5, in die Löcher eingebracht sind, hört die Isolation auf. — Mit den beiden äussersten Metallklötzen stehen Klammerschrauben in Verbindung, um Drähte daran zu befestigen, wie man bei *d* und *e* sieht. —

In dem Kasten selbst verlaufen mehre Reihen von Neusilberdrähten, welche in der Figur punctirt angegeben sind. Hierdurch sind die Metallklötze metallisch verbunden. Von *g* geht eines γ zu g^1, durch den Draht γ^1 werden die Klötze g^1 und g^2, durch den Draht γ^2 die Klötze g^2 und g^3, durch die Drähte γ^4, γ^5, γ^3, γ^6, γ^7 werden die Klötze g^3 und g^4, endlich durch λ, λ^1, λ^2, λ^3, λ^4, λ^5, λ^6, λ^7, λ^8 die Klötze g^4 und g^5 verbunden. — Der Leitungswiderstand von γ und γ^1 ist gleich der Summe der Leitungswiderstände der beiden Platindrähte *cf* und *gh*, von denen jeder 100 Cm lang, $^3/_{10}$ mm dick ist, es ist also γ = Leitungswiderstand von 200 Cm Platindraht von $^3/_{10}$ Durchmesser, ebenso γ^1,



Digitized by Google

hingegen $\gamma^2 = 2.200$, die Drahtleitung γ^3 bis $\gamma^7 = 5.200$, die letzte λ bis $\lambda^8 = 10.200$ C^m.

Auf der Leiste CD ist ein etwa 5 C^m langes Metallstück verschiebbar, welches den Zweck hat, die beiden Drähte cf und gh mit einander zu verbinden. Diese Verbindung geschieht durch zwei mit Quecksilber gefüllte Glasgefässe 1, 2. Durch das Metallstück können die Drähte verkürzt und verlängert werden. Wenn es z. B. in der Nähe von C ist, so geht die Elektrizität, welche durch e in den ersten Metallklotz eintritt, durch den Draht cf bis zu der Stelle, wo das Metallstück sich befindet, um von da auf den Draht gh übergeleitet zu werden. Liegt es hingegen in der Nähe von D, so muss die Elektrizität einen viel grössern Weg machen, ehe sie von dem Draht cf zu gh übergehen kann. — Steht das Metallstück dicht an den beiden Klötzen e und g, so sind diese durch einen guten Leiter verbunden, und die Elektrizität geht gar nicht durch die Drähte cf und gh. — Auf dem Brette ist eine Skala angebracht, auf welcher das Metallstück läuft. Wird es bis zu 100 zurückgeschoben, so will das sagen, dass zwischen e und g 200 C^m Neusilberdraht von $^3/_{10}$ ^{mm} Dicke eingeschaltet ist. — Sind nun alle Metallwirbel eingesetzt, so geht in diesem Falle der Strom durch einen Theil oder die ganze Länge der Drähte cf und gh, dann durch alle wohl leitenden Metallklötze bis zur Klammer d. Wird ein Wirbel α herausgenommen, so ist hier die Leitung unterbrochen, der Strom muss durch die im Kasten befindlichen Drähte γ gehen und erfährt also jetzt einen Widerstand von 200 C^m Platindraht. Auf diese Weise kann man den Widerstand so vermehren, dass, wenn alle Wirbel herausgenommen sind, der Strom einen Widerstand von 4000 C^m Platindraht zu überwinden hat. Man sieht also, dass eine regelmässige Abschwächung der Stromstärke durch dieses Instrument möglich ist.

Mängel des Rheochords.

343. Obgleich man indess, wie gesagt, mit dem Rheochord den Strom allerdings abschwächen kann, so ist man doch nach meinen Erfahrungen nicht im Stande, eine Zuckung bei reizbaren Fröschen so zu verkleinern, dass sie nur spurweise erscheint, wie es zu diesen Versuchen erforderlich ist. Wenigstens vermochte ich dies nicht, selbst wenn ich nur ein kleines Daniell'sches Element anwandte, mit einem sehr sorgfältig nach der neuesten Angabe von Dubois durch Sauerwald in Berlin angefertigten Rheochorde. Um eine so kleine Zuckung zu erzeugen, muss daher die Drahtmenge noch beträchtlich vermehrt werden. — Obgleich die Polarisation nicht ausgeschlossen ist, so thut doch zu vielen Zwecken die Durchleitung des Stromes durch Wasser sehr gute Dienste, wodurch man natürlich im Stande ist, die Abschwächung bis auf ein Minimum zu erreichen. Ich bediene mich zu dem Zwecke U-förmig gebogener Glasröhren, welche durch

Digitized by Google

Drähte miteinander in Verbindung gesetzt werden und deren ich je nach der Reizbarkeit des Thieres mehr oder weniger anwende.

Wirkung starker polarisirender Ströme bei dem aufsteigenden extrapolaren Katelektrotonus.

344. Nach den Erfahrungen von Pflüger kommt es bei den oben erwähnten Versuchen nicht darauf an, ob der schwache erregende Strom auf- oder absteigend fliesst, er bewirkt durch Beihülfe des geschlossenen aufsteigenden polarisirenden Stromes stets vermehrte Zuckungen. Jedoch geschieht dies nicht mehr, sondern der schwache erregende Strom bleibt ohne Erfolg, und es tritt also keine Zuckung mehr ein, wenn der polarisirende Strom eine gewisse Stärke erreicht. Es hängt dieselbe sehr von dem Erregbarkeitsgrade des individuellen Frosches ab. Ich habe schon zuweilen gesehen, dass bei Anwendung von zwei Daniell'schen Elementen der lähmende Einfluss entstand, meistens bedurfte es vier, auch sechs Elemente, selbst mehr. — Pflüger[1]) beobachtete die Ablenkungen an der Nadel des Multiplicators, welche der polarisirende Strom hervorbrachte, wenn der erregende Strom eine Zunahme der Zuckung, und wenn er eine Abnahme derselben zur Folge hatte. In einer der hieher gehörigen Versuchsreihen war bei 70° die Zuckungsgrösse von 5,9 mm auf 2,5, von 7 mm auf 1,4 gesunken, hingegen bei 65° von 1,5 auf 5,8 gestiegen. Pflüger glaubt, dass im ersten Falle der Nerv durch den starken Strom leitungsunfähig gemacht worden sei. Ich halte dies jedoch nicht für richtig, denn wenn ein Nerv durch Elektrisiren sein Leitungsvermögen verliert, so vergeht immer eine geraume Zeit, ehe es wieder eintritt, und es kann nicht so rasch wieder zurückkehren, wie es in Pflüger's Versuchen, welche unmittelbar hintereinander gemacht wurden, der Fall war. — Man kann also keineswegs, bis erst bestimmtere Beweise vorliegen, die Pflüger'sche Theorie als richtig ansehen, dass der negative Pol überall die Erregbarkeit vermehrt. — Es muss auch erwähnt werden, dass wenn die Erregbarkeit des Nerven durch wiederholte Reizungen gesunken ist, durch den aufsteigenden polarisirenden Strom Zuckungsvermehrung überhaupt nicht mehr einzutreten pflegt, sondern das gerade Gegentheil.

Anstatt des einen (erregenden) Stromes *cd* kann man auch ein chemisches Reizmittel, am Besten nach Eckhard's Vorgang Kochsalz anwenden. Sobald das Zittern entsteht, schliesst man die Kette *ab*. Die Zuckungen werden sogleich ausserordentlich stark und gehen selbst in tetanus über, — unter der doppelten Voraussetzung, dass nämlich die Stromstärke von *ab* nur mässig ist, und zweitens, dass die Einwirkung des Kochsalzes nicht zu lange gedauert hat. Unter diesen beiden Umständen ist nämlich der Erfolg grade umgekehrt, die

1) Pflüger, Elektrot. p. 242.

Digitized by Google

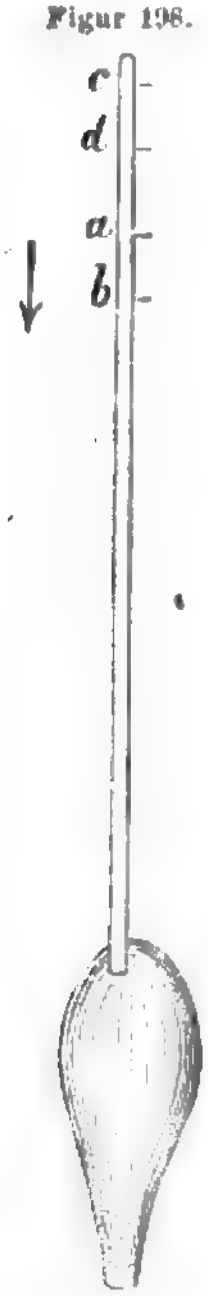
Zuckungen hören, während die Kette geschlossen bleibt, vollkommen auf und beginnen erst wieder, wenn jene geöffnet wird, aber dann sehr stark, und nach meiner Beobachtung viel stärker, als sie vorher waren, und erst nach einiger Zeit werden sie wieder kleiner.

Die Bestimmung der Stromstärke, bei welcher der letztgenannte Erfolg eintritt, hängt, wie schon gesagt, von der Erregbarkeit des Frosches ab. Es ist mir schon vorgekommen, dass durch zwei Daniell'sche Elemente diese Wirkung entstand, sehr häufig waren aber vier und sechs Elemente erforderlich. — Ebenso verschieden ist, wenn bei gleichbleibender Stromstärke die Erregbarkeit des Nerven sich in Folge der Einwirkung des Kochsalzes so geändert hat, dass dennoch die Verminderung und das Aufhören der Zuckung eintritt. Man sieht zuweilen, wenn man einen eben präparirten Nerv in der angegebenen Weise reizt, bei sechs oder sieben Mal wiederholter Reizung die Zuckung gesteigert, dann bei weiterer Fortsetzung das entgegengesetzte Resultat entstehen, ja in seltenen Fällen sogar noch früher.

Aufsteigender extrapolarer Anelektrotonus.

345. Der zweite Fall ist der, dass anstatt des zwischen Muskel und Reiz angebrachten aufsteigenden Stromes ein absteigender genommen wird, wie in Fig. 198. — Pflüger nennt den hierdurch hervorgebrachten Zustand den aufsteigenden extrapolaren Anelektrotonus. Er betrifft die Strecke *cd*, welche der Anode *a* (positive Elektrode) näher liegt, als der Kathode *b*. Er heisst aufsteigend, weil die in ihrer Erregbarkeit veränderte Nervenstrecke näher dem Rückenmarke, als dem Muskel liegt. Pflüger nahm starke Reize, um eine bedeutende Zuckungsgrösse zu erreichen; bei der elektrischen Reizung wandte er eine beträchtliche Stromstärke an; wenn er Salz gebrauchte, wartete er den Eintritt des tetanus ab. Schloss er nun die constante Kette *ab*, so hörte sogleich die Zuckung auf, welche wieder nach der Öffnung der Kette zurückkehrte. Er schloss nun, dass wenn eine starke Zuckung durch einen vor dem Reize abwärtssteigenden Strom aufgehoben werden könne, so müsse es sicher auch eine schwache thun und unterliess diesen Versuch. Diese Schlussfolgerung ist jedoch nicht richtig, denn eine starke Reizung braucht nicht nothwendig eine solche Erregbarkeitsveränderung hervorzubringen, welche bloss quantitativ von der durch eine schwache Reizung verschieden ist, sondern es kann auch die Qualität eine andere sein. In der That lehrt dies auch das einfache Zuckungs-

Figur 198.



Absteigender extrapolarer Anelektrotonus.

Digitized by Google

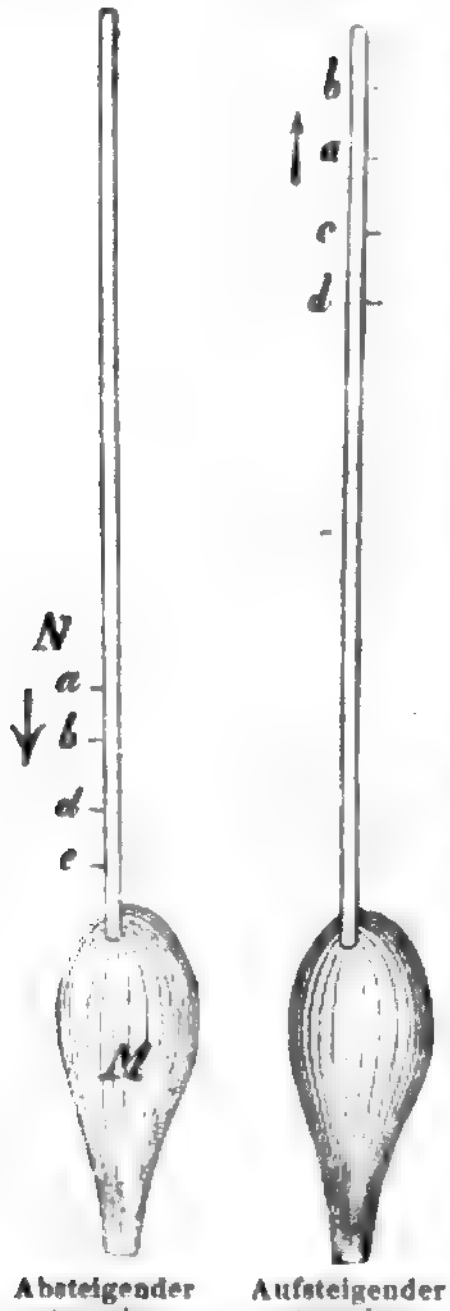
gesetz. Ein aufsteigender Strom von einem Elemente herrührend, bringt bloss bei der Schliessung eine Zuckung, während bei Anwendung von 12 Elementen nur eine Öffnungszuckung entsteht. Ich habe diese Lücke in Pflüger's Versuchen auszufüllen gesucht, und habe als Reizmittel Kochsalz angewendet. Man muss recht reizbare Frösche wählen und den Nerven, den man scharf durchgeschnitten hat, mit seinem Querschnitte in Kochsalz legen. Das Salz dringt sehr rasch ein, und in überaus kurzer Zeit zeigen sich die ersten Zuckungen. Sobald man Spuren davon sieht, schliesst man die constante Kette *ab* in absteigender Richtung. Man wird nun nicht das Pflüger'sche Resultat vor sich sehen, sondern gerade das umgekehrte, die Zuckung ist nämlich mächtig erhöht, und es ist gar kein Unterschied, ob man den constanten Strom absteigend oder aufsteigend die Nervenstrecke *ab* durchfliessen lässt. Beide erhöhen die Reizbarkeit. Ja ich habe oft beobachtet, dass der absteigende Strom den Vorrang vor dem aufsteigenden annimmt, also gewiss nicht so, wie man es nach dem sogenannten Pflüger'schen Gesetze erwarten sollte. Lässt man die erste Zeit vorübergehen oder hat man in bedeutender Stärke den constanten Strom angewandt, dann erst sieht man eine Abnahme und ein gänzliches Aufhören der Salzzuckung. — Man sieht also, dass die Rolle, welche Pflüger ausnahmslos dem positiven Pole zutheilt, nämlich die Erregbarkeit der angränzenden Nervenstrecke herabzusetzen, nur unter bestimmten Bedingungen zutrifft. — Unter andern Bedingungen hingegen nimmt die Reizbarkeit auch am positiven Pole zu, gerade so wie am negativen. Man ist also nicht berechtigt, den Ausspruch von Pflüger als ein Naturgesetz zu betrachten.

Extrapolarer absteigender Katelektrotonus.

346. Wenn der Reiz *de* (Fig. 199) zwischen dem constanten absteigenden Strome und dem Muskel liegt, so wird nach Pflüger ausnahmslos die darunter liegende Nervenstrecke *de* in den Zustand erhöhter Erregbarkeit versetzt. Sowohl wenn als Reiz die Elektrizität, als auch wenn Salz angewandt wurde, sah dieser Forscher bei dem von ihm genannten extrapolaren absteigenden Katelektrotonus (Fig. 199) eine Zunahme der Zuckungsgrösse. So sah er z. B. eine Zuckung, welche einen Strich von 0,3 mm auf dem Myographion zeichnete, bis zu 8,6 mm, während die constante Kette *ab* geschlossen war, steigen. Ich habe auch hierüber Versuche angestellt. Bei Anwendung von Salz beobachtete ich stets dasselbe. Bei Reizung durch die constante Kette hingegen fand sich auch hier wieder nur zum Theil das Resultat Pflüger's bestätigt. Wenn der reizende Strom eine gleiche Richtung mit dem polarisirenden hatte, so trat nämlich stets Vermehrung ein, soviel ich auch mit dem einen oder dem andern Strome hinsichtlich ihrer Stärke variirte, dass also hierin Pflüger's Behauptung zutreffend ist. Wenn

Digitized by Google

Fig. 199. Fig. 200.



Absteigender extrapolarer Katelektrotonus. Aufsteigender extrapolarer Anelektrotonus.

ich hingegen einen aufsteigenden, also dem polarisirenden (absteigenden) entgegengesetzten Strom durch die Strecke *de* gehen liess, welcher aber so schwach war, dass er eben nur eine Spur von Zuckung, jedoch eine ganz deutliche Spur erzeugte, so wurde diese kleine Zuckung keineswegs vermehrt, sondern aufgehoben. Ich habe oft 30 Mal hintereinander die polarisirende Kette geöffnet und geschlossen und mit dem erregenden schwachen Strome sowohl während der Öffnung, als während der Schliessung jenes gereizt. Sobald ich öffnete, war die Zuckung vorhanden, sobald ich schloss, war sie spurlos verschwunden. Hatte aber die Stärke des hervorragenden Stromes eine gewisse Grösse erreicht, so fand ich stets nur Vermehrung, selbst wenn der Unterschied der beiden Ströme sehr bedeutend war. So z. B. wandte ich auf *de* ein Grove'sches, nicht abgeschwächtes Element an, und durch *ab* liess ich den constanten aus 20 Elementen gebildeten Strom fliessen, die durch *de* erzeugte Zuckung konnte nicht zum Schweigen gebracht werden, wenn die starke Kette geschlossen blieb.

Man sieht also auch aus diesen Versuchen, dass der negative Pol nicht unter allen Umständen die Erregbarkeit der benachbarten Nervenstrecke vermehrt, wie Pflüger behauptet.

Absteigender extrapolarer Anelektrotonus.

347. 4) Der constante Strom fliesst in aufsteigender Richtung (Fig. 200) *ab*, hinter ihm, d. h. zwischen seinem positiven Pole (Anode) und dem Muskel liegt der Reiz (absteigender extrapolarer Anelektrotonus nach Pflüger). Eine durch letztern in der Strecke *cd* erregte Zuckung wird kleiner, solange *ab* geschlossen ist. — Es ist mir nicht gelungen, bis jetzt einen andern Erfolg zu sehen, und ich muss hierin die Pflüger'schen Beobachtungen bestätigen.

Man muss nach den hier gegebenen Mittheilungen die Richtigkeit der Pflüger'schen Lehre in Abrede stellen, weil es nämlich sichere Erfahrungen gibt, in denen am negativen Pole keine Vermehrung und am positiven keine Verminderung der Erregbarkeit wahrzunehmen ist. Vielmehr lassen sich bestimmte Versuche ausführen, in welchen auch in der Nähe des negativen Poles eine Zuckung nicht vermehrt, sondern vermindert wird, und in welchen in der Nähe des positiven Poles die Zuckung nicht vermindert, sondern vermehrt wird. Wenn ich nun auch nicht in Abrede stellen will, dass der Nerv sich anders verhält in der

Digitized by Google

Nähe des negativen, wie des positiven Poles, so kann doch das von Pflüger aufgestellte Gesetz nicht eher als haltbar angesehen werden, bis die Ursache dieser Abweichungen erklärt ist.

Intrapolare Strecke.

348. Was die zwischen den beiden Elektroden befindliche Nervenstrecke, die sogenannte intrapolare betrifft, so wird in derselben nach Pflüger bei Anwendung schwacher Ströme die Erregbarkeit vermehrt, hingegen durch starke Ströme vermindert. — Pflüger sucht diese Erscheinung durch das angebliche Gesetz über die Wirkung der beiden Pole zu erklären, da dieses Gesetz aber noch des Beweises bedarf, so verweisen wir auf Pflüger's Werk selbst.

Wirkung der Reizung auf entlegenere Nervenstrecken.

349. Je weiter entfernt eine Nervenstrecke von der polarisirenden Kette sich befindet, desto weniger wird sie von dem veränderten Zustande ergriffen, den die Reizung hervorgebracht hat. Ist z. B. in der Nähe des Unterschenkels eine polarisirende Kette angelegt, so wird die Zuckungsgrösse nicht oder sehr wenig verändert, wenn, während dieselbe geschlossen ist, oben in der Nähe der Wirbel ein erregender Strom einwirkt. Die Zuckung ist vielmehr der nach der Eröffnung der Kette sehr ähnlich.

Hemmungsnerven.

Hemmungsnerven.

350. Es ist oben p. 662 bereits von der Thätigkeitshemmung mancher Nerven die Rede gewesen und ihr Verhältniss zur Lähmung hervorgehoben worden. Man hat diese Nerven Hemmungsnerven genannt. Die Erscheinung von Stillstand der Bewegung durch Reizung eines Nerven, nämlich des ramus cardiacus n. vagi, wurde zuerst gleichzeitig von den Gebrüdern Weber und von mir (s. p. 324), später von Pflüger Stillstand der Gedärme durch Reizung des n. splanchnicus (p. 216) beobachtet.

Man darf sich nicht einbilden, dass mit dem Namen „Hemmung" eine Erklärung gegeben ist, wie manche glauben. Eine solche Annahme würde unwissenschaftlich sein. Die Wissenschaft fordert vielmehr, die Ursache kennen zu lernen, durch welche diejenige Kraft sich entwickelt, die in einer entgegengesetzten Richtung wirkt, wie eine andere, welche eine Bewegung hervorruft. — Wo wir eine sogenannte hemmende Wirkung durch Reizung eines Nerven entstehen sehen, müssen wir also annehmen, dass zwei Bewegungsmodi vorhanden sind, welche sich gegenseitig aufheben. Die Art dieser molekularen Bewegungen ist uns aber noch unbekannt. — Wir kennen bis jetzt nur einige Mittel, dieselben in einem und demselben Nerven zu erzeugen.

Die Hemmung der Bewegung des Herzens und der Gedärme hat offenbar Ähnlichkeit mit der Wirkung, welche ein doppelter Reiz

Digitized by Google

auf einen Nerven hervorbringt. Der bis jetzt unbekannte Reiz, welcher die Nerven oder die Muskeln des Herzens stetig zur Bewegung antreibt, kann mit dem Reize verglichen werden, welchen man zeitweise auf den Nerven anbringt, z. B. durch den erregenden Strom. Wie nun ein solcher Reiz auf den n. ischiadicus angewandt, durch einen galvanischen Strom, der durch einen andern Theil des Nerven fliesst, wirkungslos gemacht werden kann, so findet es auch beim Herzen Statt, wenn durch den n. vagus ein Strom geleitet wird. — Jedoch darf nicht unerwähnt gelassen werden, dass nicht allein galvanische Reizung des n. vagus das Herz zum Stillstand bringen kann, sondern auch chemische und mechanische Reize (s. p. 328), was bei der Hemmung der Bewegung der andern Nerven noch nicht hinlänglich untersucht ist. Es ist auch noch nicht genug der Unterschied festgestellt, welchen der aufsteigende und absteigende constante Strom auf den Stillstand des Herzens vom n. vagus aus zeigt.

In der neuern Zeit hat man zu den Hemmungsnerven auch den n. sympathicus gerechnet, weil dessen Reizung den Ausfluss des Speichels unter Umständen vermindert, wenn derselbe durch andere Nervenreizungen angeregt worden ist (Czermak)[1]). — Man hat sogar ferner auch eine reflectorische Hemmung angenommen, und zwar am n. laryngeus auf die Athmung (Rosenthal). — Jedoch ist dies nicht richtig, indem von sehr vielen sensiblen Nerven aus das Athmen zum Stillstande gebracht werden kann (s. u. Athmungsbewegungen). — Endlich muss hier noch erwähnt werden, dass durch galvanische Reizung des Rückenmarks und der zu den Lymphherzen der Frösche gehenden Nerven auch die Bewegung der Lymphherzen sistirt werden kann.

2) Wirkung von Reizen, welche nicht elektrischer Art sind, auf die Erregbarkeit der Nerven.

Wirkung des Wassers auf die Nervenerregbarkeit.

351. a) Wasser. Wird ein Froschnerve bei Zimmertemperatur galvanisirt, so dass mässige Zuckungen entstehen, so wird derselbe Nerv wenig oder gar nicht reagiren, wenn er in ebenso temperirtes Wasser gelegt und mit gleicher Stromstärke gereizt wird. — Er wird wieder erregbar, wenn er dem Wasser entzogen wird. — Hiehin ist auch die Beobachtung von E. H. Weber zu rechnen, dass der Geruch sehr geschwächt wird oder aufhört, wenn die Nase eine Weile ganz mit Wasser gefüllt war. Bei sehr reizbaren Thieren geht aber

1) Czermak, Wiener Sitzungsberichte. 1857. XXV, 8.

Digitized by Google

der Verminderung der Reizbarkeit Erhöhung voraus. Ich habe schon öfters bei grünen Fröschen gesehen, dass sie im Augenblick, wie ich sie mit destillirtem oder Brunnenwasser ganz zart bepinselte, vorübergehende Convulsionen eintraten, welche aufhörten, als sie mit Wasser umgeben blieben, worauf dann, wie gesagt, Abstumpfung folgte.

Andererseits entstehen Zuckungen, wenn ein Nerv trocken wird. Diese Zuckungen schwinden durch Befeuchtung. Aber wenn auch keine Zuckungen entstehen, so erhöht sich doch die Erregbarkeit. Erreicht die Eintrocknung einen gewissen Grad, so wird der Nerv abgestumpft.

Die Erscheinungen bedeuten nichts anderes, als dass die Erregbarkeit geändert wird, sobald die natürliche Mischung der Nerven Abbruch erleidet.

Wirkung von Wärme und Licht auf die Nervenerregbarkeit.

352. Auch Wärme und Licht wirken auf die Erregbarkeit ein. Wenn bei einer Temperatur von 45—50° C. die Erregbarkeit erloschen ist, so stellt sie durch Erkalten nach Rosenthal (l. c.) sich wieder her. Bei einer Temperatur über — 4° und unter + 54° sah Eckhard (l. c.) keine Zuckungen entstehen, aber die Erregbarkeit verminderte sich. Nach Moleschott[1]) nimmt die Reizbarkeit der Frösche bei Sonnenlicht zu.

Wirkung des Bluts.

353. Vom Blute aus kann die Erregbarkeit vermehrt und vermindert werden. Mangel an rothen Blutkörperchen (Sauerstoff?) vermehrt zuerst und stumpft später dieselbe ab. Hiehin gehört auch die schon erwähnte Reizbarkeitserhöhung durch Entziehung von Nahrung, Schlaf etc.

Wirkung der Narcotica.

354. Die Narcotica haben dieselbe Wirkung, besonders sind Opium und Strychnin in dieser Beziehung ausgezeichnet. Ähnliches gilt von den spirituösen Mitteln.

Mechanische Reize.

355. Auch mechanische Reizungen wirken in gleicher Weise. Leichter Druck erhöht die Erregbarkeit, starker bewirkt das sogenannte Einschlafen.

Allgemeine Folgerungen.

356. Somit deuten alle Folgen von Reizungen der Nerven darauf hin, dass durch dieselben die Molekularbewegung derselben so lange befördert wird, bis eine gewisse Gränze erreicht ist. Über diese Gränze hinaus nimmt die Beweglichkeit ab. Wir nennen dann den Nerven überreizt. — Wir können uns die Erscheinung auch so denken, dass wir annehmen, alle Reize heben mehr oder minder das Beharrungsvermögen in den Nerven auf, d. h. die Kraft, durch welche die Nerventheilchen bestrebt sind, sich in ihrer gegenseitigen

1) Moleschott in seinen Unters. I. 30.

Digitized by Google

Ruhelage zu erhalten. Dadurch wird ein wesentlicher Widerstand der Molekularbewegung aufgehoben. Wirken die Reize, d. h. die Bewegungsantriebe weiter fort, so wird auch das Bewegungsvermögen vermindert. Es entsteht Ermüdung, Lähmung. — Unterlässt man die Reizung, so kann Erholung erfolgen, und zwar unter zwei Umständen; im lebenden Körper bei fortbestehendem Stoffwechsel durch Neubildung; nach Aufhören der Circulation, indem der Rest von Beharrungsvermögen, welcher noch geblieben ist, die entgegengesetzte molekulare Bewegung einleitet. — Je öfter die Reizung wiederholt wird, desto rascher folgt die Ermüdung und desto weniger Aussicht auf Restitution ist vorhanden.

Wir müssen es für wahrscheinlich halten, dass jedem Reize auch ein bestimmter molekularer Bewegungsmodus entspricht, der also qualitative wie quantitative Verschiedenheiten zeigt. Wenn daher andere Reize einwirken, so werden von Neuem Folgen eintreten können, welche bisher ausblieben. Das Geruchsorgan, resp. der Geruchsnerve kann unempfänglich für eine bestimmte Art von Geruch geworden sein, und doch ist er nicht abgestumpft für andere Gerüche. Ein Nerv braucht nicht mehr zu reagiren gegen den lange Zeit angewandten aufsteigenden elektrischen Strom, während der absteigende wieder Zuckungen erzeugt (Voltaische Alternative). Ebenso ist es möglich, 'dass gewisse molekulare Bewegungen durch unbekannte individuelle Verhältnisse gar nicht zu Stande kommen. Dahin möchte die Eigenthümlichkeit gerechnet werden, dass manche Menschen eine bestimmte Farbe nicht zu sehen vermögen, z. B. wohl aber alle übrigen.

Wenn die Reize, wie es bei den meisten und wichtigsten, vielleicht bei allen der Fall ist, in hinter einander folgenden Bewegungen wirken, wie z. B. die Elektricität, das Licht, die Wärme, die riechenden Stoffe etc., so hängt sehr viel von der Art der Geschwindigkeit ab, mit welcher die Bewegungen zu den erregbaren Theilen dringen. Sind die Bewegungen gleichartig, so ist der Eindruck viel geringer, als wenn sie eine beträchtliche Differenz haben. Der plötzliche Stoss, welcher durch mechanische Insulte entsteht, wirkt heftiger, als wenn derselbe anhaltend fortfährt; die Elektricität bringt keine oder geringe sichtliche Folgen hervor, wenn sie einmal den Nerven durchfliesst, während sie bei ihrem Eintritt Zuckungen erzeugt. Ein Theil in einen Raum gebracht von 0° Wärme und sogleich nachher von 15°, bringt eine grössere Reaction hervor, als wenn er vorher in 13° war. Ätherschwingungen, welche den Eindruck der rothen Farbe erzeugen und weniger rasch auf einander folgen, als die, welche blau erzeugen, machen hinter einander eine

Digitized by Google

stärkere Reizung, als wenn verschiedene Arten von Roth gesehen werden.

357. Wir haben bisher die Intensität in der Fortleitung immer nur von einem Gesichtspunkte aus betrachtet, indem nämlich nur die Reize berücksichtigt wurden, wir müssen auch auf die Anzahl der gereizten Nerventheilchen achten, wenn ein und derselbe Reiz auf dieselben wirkt. Wenn ein Reiz eine kleinere Anzahl von Primitivnervenfasern trifft, so muss auch die Wirkung beschränkter sein. Wenn wir von einem motorischen Nerven nur einen Theil seiner Fasern reizen, so wird nur eine gewisse Muskelpartie in Zuckungen gerathen, während die andere ruhig bleibt. Bei den Gefühls- und Empfindungsnerven compliciren sich dadurch die Erscheinungen, dass wir unser Urtheil mit einmischen. Es ist bekannt, dass wir Wasser für wärmer halten, dem wir unsere ganze Hand aussetzen, als dasselbe, in welches wir nur einen Finger tauchen. Aber nicht nur dies, sondern wir schätzen mit der ganzen Hand viel genauer, als mit einem Finger, wie wir auch besser schmecken, wenn beide Zungen- und Gaumenhälften benutzt werden, als wenn man nur eine anwendet.

IV. Spezifische Nerven.

Specificität der Nerven.

358. Man unterscheidet zwar die Nerven als sensible, sensuelle und motorische, und wird vielleicht später noch cellulare dazu setzen müssen. Aber dennoch ist noch nicht ausgemacht, dass die in diesen Nerven entwickelten Kräfte verschiedener Natur sind. Denn es wäre möglich, dass bloss die anatomische Verbreitung dieser Nerven die Function bedingte. Angenommen, der motorische Nerve stünde gar nicht in direkter Communication mit denjenigen centralen Nervenapparaten, in welchen das Gefühl zu Stande kommt, so würde eine Reizung desselben ebenso wenig Schmerz veranlassen können, als wenn ein sensibler Nerve durchschnitten und dadurch künstlich von jenem Centralnervenapparat getrennt worden wäre. Ein sensibler Nerv, welcher nicht in Verbindung käme mit dem contractionsfähigen Theile des Muskels, könnte zwar im Muskel sich verbreiten, aber keine Zusammenziehung veranlassen. —

Bei dieser freilich noch unerwiesenen Annahme wäre nicht erforderlich, den Unterschied zwischen centripetaler und centrifugaler Leitung in den Nerven in einem mehr als figürlichen Sinne zu statuiren. Dieser Annahme entsprächen auch die oben angeführten Thatsachen, nach welchen es wahrscheinlich ist, dass die molekulare Bewegung in den Nerven nach einer Erregung nicht allein nach einer

Digitized by Google

Richtung hin Statt findet, sondern dass es eine sogenannte doppeltsinnige Leitung gibt.

Ist nun hienach eine Scheidung in centrifugale und centripetale Nerven nicht gerechtfertigt, und können wir also auch nicht als feststehend oder wahrscheinlich zugestehen, dass die molekulare Bewegung in den motorischen Nerven beständig eine andere Richtung einschlägt, als die in den sensiblen und sensuellen Nerven, so geht daraus nicht hervor, dass in denselben kein Unterschied obwalte. Bis jetzt ist in dem Aussehen der motorischen und sensiblen Nerven freilich keine wesentliche Verschiedenheit aufgefunden worden. Im Allgemeinen ist zwar der Durchmesser der Nervenfasern in den motorischen Wurzeln grösser, als in den sensiblen, jedoch keineswegs durchgängig. In dem Geruchs-, Gesichts- und Gehörnerven sind die Primitivfasern viel schmäler und sie werden sogar neuerdings (M. Schultze) nur für Axencylinder angesehen; also doch jedenfalls verschieden von den andern Nerven. Aber bei den Geschmacksnerven ist dies schon nicht der Fall. Ausserdem ist es thatsächlich, dass schmale Nerven in ihrem Verlaufe breit und markhaltig werden können und umgekehrt, dass ein Axencylinder sich mit einer Scheide umgeben kann, ohne dass die Natur der Nerven dadurch eine Änderung zu erleiden scheint. Bis jetzt ist es noch nicht gelungen, in den chemischen Reaktionen beider Nerven eine Differenz zu bemerken.

359. Noch wichtiger, als die Kenntniss über eine etwaige Verschiedenheit der Nerven wäre die über die Ganglienkugeln, aus welchen die Nerven entspringen und die doch die Organe sind, in welchen sich die einzelnen Nervenkräfte entwickeln. Nach Jacubowitsch (s. p. 606) gibt es nun allerdings auch der Form nach verschiedene Ganglienkörper, motorische, sensible, sympathische. Wenn sich dies bestätigt, so ist ein Anhaltspunkt für viele Forschungen gegeben.

Physiologische Gründe für die Specificität der Nerven.

360. Von physiologischer Seite spricht für die Annahme spezifisch verschiedener Nerven und Ganglien, dass es Reize gibt, welche mehr auf motorische, als sensible Nerven wirken, z. B. der galvanische Strom, andere wieder, welche eher Schmerz, als Bewegung erzeugen, z. B. Säuren, andere, welche auf die Ganglien, und nicht auf die Nerven wirken, z. B. Strychnin. Wird dies Gift auf einen Nerven gestreut, so bleibt jede Wirkung aus. Es ist vielmehr nothwendig, dass das Gift ins Blut und von da ans Rückenmark oder direkt auf letzteres gebracht wird (s. u. Reflexbewegungen). Thiere, denen das Gehirn exstirpirt ist, können von Strychnin vergiftet werden.

361. Die Analogie spricht gleichfalls für die Annahme spezifischer Nerven- und Ganglienzellen. Wenn man nicht wohl bezweifeln

Digitized by Google

kann, dass es ganz verschiedene Ganglienzellen sind, welche von Empfindung, Vorstellung und Wille affizirt werden, so ist es wahrscheinlich, dass es auch ungleichartige motorische und sensible Ganglienzellen gibt. — Wir haben es oben p. 408 für wahrscheinlich gefunden, dass die Zellen spezifisch verschieden sind, und von hieraus werden wir wieder zur Vermuthung geführt, dass auch diese Zellen spezifisch sind.

362. Ätherschwingungen wirken auf die retina des Auges, aber auch auf die Hautnerven. Dort aber erregen sie eine ganz andere Empfindung, nämlich die von Licht, während auf der Haut das Gefühl von Wärme entsteht. Alle Reize, welche die retina treffen, mechanische, elektrische, innere, bringen Lichtempfindung hervor, während dieselben Reize, auf andere Nerven angewandt, andere Wirkungen zur Folge haben. So entschieden dies für eine Spezificität der Nerven spricht, so ist doch noch eine andere Auslegung erlaubt. Die Ätherschwingungen erregen zunächst eigenthümliche, sonst nirgends wo vorkommende Apparate in der retina, die Stäbchen und Zapfen, und von ihnen werden erst die Nervenfasern erregt. Man könnte also daran denken, dass deshalb andre Nerven nicht vom Lichte affizirt werden, weil überhaupt nicht die Nerven, sondern nur die leicht empfänglichen Stäbchen und Zapfen, die wiederum lediglich im Auge und in der Verbindung mit den Sehnerven sich befinden, für Lichtäther erregbar sind. — Diese Ansicht ist jedoch nicht wahrscheinlich, weil auch andere Reize Lichtempfindung hervorbringen, von denen man nicht annehmen kann, dass auch sie die lichtempfindenden Theile der retina zunächst treffen. — Ähnliche Beobachtungen, wie am Gesichtssinne, macht man auch am Gehör- und Geruchssinne. — Diese Erfahrungen unterstützen die Annahme, dass es spezifische Nerven gibt, welche nach gleichartigen Erregungen dennoch qualitativ verschiedene Reactionen äussern. Dies fordert nun auch wieder, spezifisch verschiedene Ganglienkugeln zu statuiren.

II. Reaction im Nervenleben.

363. Die Erscheinungen im Nervensystem geben sich kund, 1) durch das Gefühl, 2) durch die Entstehung von Muskelbewegungen, 3) durch Veränderungen in der Ernährung, 4) durch psychische Wirkungen.

Digitized by Google

1) Gefühl.

Bei jeder Gefühlswahrnehmung können wir zwei Erscheinungen von einander trennen, erstens die Wahrnehmung als solche nebst den dadurch im Körper hervorgebrachten Bewegungen; zweitens aber die Beziehungen, welche diese Wahrnehmungen zu gewissen Körpertheilen oder zu Vorstellungen haben.

A. Gefühlswahrnehmung.

Qualitäten des Gefühls.

364. Durch unser Gefühl erlangen wir einestheils ein Bewusstsein von dem Dasein unsers Körpers überhaupt, theils von dem Zustande, in welchem unser Körper im Verhältniss zu den äussern Einwirkungen sich befindet. — In ersterer Beziehung lernen wir die Begränzung unsers Körpers, die Ausdehnung, Entfernung seiner Theile, ihre Wärme, Consistenz durch das Gefühl kennen. Um dazu zu gelangen, bedürfen wir der Bewegung. Erst wenn wir ein Glied bewegen, werden wir uns des Daseins desselben bewusst. Man vgl. hierüber die Psychologie von George. — Zweitens aber lässt sich das Gefühl im Verhältniss zu den Einwirkungen auf dasselbe unter zwei Hauptrubriken bringen. Das eine ist das Gefühl der Lust, das andere das Gefühl der Unlust. Letzteres tritt ein, wenn die Nerven und die nervenführenden Theile in einen Zustand versetzt werden, in welchem die normale Structur beeinträchtigt oder die zur Lebenserhaltung nothwendigen Stoffe verkümmert und entzogen werden. Durch Verletzungen, Mangel an Nahrung, Luft, Wärme, Licht etc. entsteht das Gefühl von Schmerz, welches je nach der Verschiedenheit der Ursachen mit verschiedenen Namen belegt wird. — Das Gefühl von Lust wird durch alle entgegengesetzte Einflüsse veranlasst. Die Wollust scheint bloss durch Reizungen der Geschlechtstheile hervorgebracht werden zu können. Ob dabei das cavernöse Gewebe in Betracht kommt, ist gänzlich unbekannt.

365. Es ist merkwürdig, dass das Gefühl von Lust und Unlust, obwohl sie einander entgegengesetzt sind, doch Übergänge zeigen. So z. B. mischen sich die Gefühle bei geringem Schmerzgrade, bei Hunger u. s. w. Sehr häufig ist dies nur scheinbar, indem sich Vorstellungen mit Gefühlen verbinden, welche die reine Empfindung trüben.

a) Erscheinungen des Schmerzes.

366. Bei dem Schmerzgefühl ist das Subjective von den damit in der Regel verbundenen Bewegungen zu trennen. Obwohl letztere nur die Folgen des erstern sind, so haben sie doch deshalb grossen Werth, weil sowohl bei bewusstlosen Menschen, als auch bei Thieren

Digitized by Google

aus ihnen allein auf das Dasein von Schmerz geschlossen werden kann. — Diese Bewegungen sind dreierlei Art: erstens in den Kehlkopfs- und Gesichtsmuskeln (letztere nur beim Menschen), Schreien, Weinen, Verzerren des Gesichts. Die dabei wirksamen Nerven sind n. vagus und facialis. Zweitens zweckmässige Bewegungen, bald um den schmerzerregenden Gegenstand zu entfernen, bald dem betroffenen Theile in irgend einer Weise Erleichterung zu schaffen, bald eine andere Bewegung zu machen, um von dem betroffenen Theile möglichst die Aufmerksamkeit abzulenken. Drittens unzweckmässige, krankhafte, zitternde Bewegungen. Wir werden diese Bewegungen und ihr Verhältniss zu dem Gefühle im zweiten Abschnitte (p. 718) behandeln.

367. Sowohl auf das subjective Gefühl selbst, als auf die dasselbe begleitenden Bewegungen kann von der Seele aus Einfluss geübt werden. — So wird namentlich durch Aufmerksamkeit auf einen schmerzhaften Theil der Schmerz erhöht. Es ist hier ein ähnlicher Vorgang, wie bei Sinnesempfindungen. Durch die Aufmerksamkeit zergliedern wir die einzelnen Wahrnehmungen und durchmustern die Theile, aus welchen das Ganze, was zur Anschauung gebracht werden soll, besteht. So zerlegen wir auch vermittelst der Vorstellungen den schmerzhaften Theil und fühlen viel genauer. Bekannt ist es, dass Menschen, welche anhaltend, wenn auch in sehr geringem Grade, an Kopfschmerz leiden, denselben ganz vernachlässigen, bis eine Zufälligkeit, ein hingeworfenes Wort sie daran erinnert und der Schmerz vermehrt erscheint. So wird Schmerz andererseits durch Zerstreuung gemindert, Ermüdung schwindet durch unterhaltende Gespräche, und tritt viel später ein bei einem mit einem bestimmten Zwecke verbundenen Wege, als beim Spaziergange u. s. w. — Durch den psychischen Act des Willens kann aber die ganze Reihe von Bewegungen, welche sich von selbst einstellt, unterdrückt werden.

b) Verschiedene Arten des Gefühls, insbesondere des Schmerzes.

368. Man unterscheidet verschiedene Arten des Schmerzes, und zwar hauptsächlich nach der Ursache, aus welcher er hervorgegangen ist. So bezeichnet man den im engern Sinne mit diesem Namen belegten Schmerz als stechenden, schneidenden, brennenden, juckenden etc.

Hunger.

369. Auch der Hunger und Durst sind Gefühle, welche sich dem Schmerze anschliessen. In geringem Grade werden sie deshalb nicht zu den schmerzhaften Gefühlen gerechnet, weil sich in sie das Bewusstsein mischt, dass sie durch Nahrung und Trank gestillt werden können. Daher wird sogar der entstehende Hunger als ein angenehmes Gefühl angesehen. Aber nur von den Vorstellungen, nicht von dem Gefühle selbst geht diese Annehmlichkeit hervor.

Der Hunger schliesst nicht ein einfaches, an eine Stelle des Kör-

Digitized by Google

pers beschränktes Gefühl ein, sondern umfasst mehre Erscheinungen, deren Complex wir unter dem Namen Hunger zusammenfassen, weil jene von einer und derselben Ursache ausgegangen sind. Es gehören dahin 1) gewisse Gefühle im Magen, 2) ein allgemeines Gefühl von Mattigkeit, 3) der Trieb nach Nahrung, 4) erhöhte Reizbarkeit. Nur bei Beachtung aller Erscheinungen erhält man eine richtige Einsicht von dem Hungergefühl.

Magenerscheinungen des Hungers.

370. Dass der Magen dabei betheiligt ist, weiss Jeder aus der eigenthümlichen nagenden und drückenden Empfindung, welche sich beim Hunger einstellt. Man findet bei weiterer Beobachtung, dass auch die Speiseröhre, selbst der pharynx nicht ohne Theilnahme an diesem Gefühle ist, und es muss daher vermuthet werden, dass dasselbe an den genannten Theilen von dem n. vagus herrührt.

Aus diesem Gefühle geht aber natürlich nicht hervor, welche Erregung die Äste des n. vagus an den genannten Theilen affizirt hat, um jenes zu erzeugen. Hierüber herrscht vielmehr noch keine Klarheit. Man hat die Leere des Magens als erregende Ursache angesehen, früherhin sogar das Aneinanderreiben der Wände. Hätte diese Annahme ihre vollständige Richtigkeit, so müsste, vorausgesetzt, dass kein krankhafter Zustand vorhanden ist, Hunger nur bei leerem Magen entstehen und bei vollem Magen fehlen. Hiernach wäre zu vermuthen, dass am Morgen, nachdem gewöhnlich seit 12 Stunden nichts gegessen worden, und der Magen also wahrscheinlich leer ist, sich bedeutender Hunger zeigt. Bei sehr wenigen Menschen ist dies indessen der Fall. — Entzieht man einem Kaninchen einen Tag hindurch jede Nahrung, so benimmt es sich, wie ein hungriges Thier. Tödtet man es dann, so findet man in der Regel den Magen noch voll Futter. — Bei einer Fistel im obern Theile des Darmkanals war trotz aller Anfüllung des Magens, Hunger vorhanden (Busch).

In manchen krankhaften Zuständen kommen Magengefühle vor, die denen des Hungers so ähnlich sind, dass die Kranken oft sich genöthigt glauben, Nahrung zu nehmen, selbst dann, wenn sie sich kurz vorher gesättigt hatten. — In einem solchen Falle werden wir also vermuthen können, dass der krankhafte Zustand den n. vagus erregt, wie der Mangel an Nahrung im gesunden Zustande.

Beziehung des n. vagus zum Hunger.

371. Um die Beziehung zwischen n. vagus und Hunger weiterhin kennen zu lernen, hat man vielfach diesen Nerven bei Thieren beiderseits durchgeschnitten. Sehr viele Beobachter fanden, dass nach dieser Operation die Thiere oft noch frassen, zuweilen sogar mit Begierde. Jedoch war bei diesen Versuchen in der Regel die Durchschneidung am Halse vorgenommen worden. Da mit diesem Eingriffe bedeutende Athembeschwerden verbunden sind, so wird dadurch die

Digitized by Google

Beobachtung sehr getrübt. Ich [1]) habe deshalb die n. vagi bei Kaninchen an der cardia durchschnitten. Öfters überstehen die so operirten Thiere die peritonitis, welche niemals ausbleibt, und dann können, wie ich gesehen habe, die Thiere Monate lang am Leben bleiben. — Es kann daher keine Frage sein, dass Trieb, Nahrung zu nehmen, nach Durchschneidung der n. vagi vorhanden ist. — Aber es ist wohl möglich und sogar wahrscheinlich, dass diejenigen Symptome des Hungers, welche sich auf den Magen beziehen, bei solchen Thieren nicht mehr vorhanden sind. — Man muss natürlich bei solchen Versuchen nach dem Tode sich davon überzeugen, dass die Vagus-Enden nicht wieder verwachsen sind.

Beziehung des n. sympathicus zum Hunger.

372. Auch nach Durchschneidung beider n. splanchnici sahen Heffter und Ludwig Katzen noch Futter nehmen, und ich selbst mitunter nach Exstirpation des ganglion coeliacum und mesaraicum bei Kaninchen.

Weitere Bemerkungen über den Antheil des n. vagus an dem Hungergefühl.

373. Aus den angeführten Beobachtungen dürfen wir schliessen, dass Hunger auch ohne Einwirkung auf die Magennerven noch vorhanden sein kann. Hingegen geht nicht daraus hervor, dass diese Nerven beim Hunger gar nicht mitwirken. Wenn wir die im Magen entstehenden Empfindungen nur als ein Glied aus dem ganzen Complex der Erscheinungen, welche den Hunger ausmachen, betrachten, und dieselben vom n. vagus abhängig ansehen, so wird es verständlich, dass die übrigen oben aufgeführten Symptome des Hungers vorhanden sein können, während der Magen an den Gefühlen keinen Antheil zu nehmen braucht. Dann erst weisen wir den Magenästen des n. vagus seine gebührende Rolle im Hunger an. Man kann vermuthen, dass in ähnlicher Weise wie die Muskelnerven die Mattigkeit und Ermüdung in den Rumpfmuskeln dem sensorium anzeigen, so auch der n. vagus die aus Nahrungsmangel entstehenden Magenatonie fühlt. Wenn die Nerven eines Gliedes durchschnitten sind, so wird eine allgemeine Ermüdung natürlich in einem solchen Gliede nicht gefühlt werden, obwohl sie im übrigen Körper vorhanden ist, und ebenso wird es sich mit dem Hunger nach Durchschneidung des n. vagus verhalten. Auf der andern Seite kann auch fälschlich eine Affection der Magenäste des n. vagus für Hunger angesehen werden. Dahin gehören die Fälle von Magenatonie aus krankhaften Veranlassungen, sowie die von enormer Magenvergrösserung, in welchen die letzten Lebensworte nur das Verlangen nach Nahrung aussprechen (Andral).

---

1) Budge in Acta Leop. XXVII. 1860. — Meine Beobachtungen hat Schiff bestätigt, s. Schweizer Monatsschrift f. prakt. Med. 1860. Nr. XI, XII.

Digitized by Google

Den Antheil des n. vagus an den Erscheinungen des Hungers hat man noch dadurch darzuthun gesucht, dass selbst bei leichten Krankheiten des Magens, wie Magencatarrh, sogleich der Appetit aufhört. Wenn man sich nun auch denken kann, dass durch die eigenthümliche Affection des n. vagus das Hungergefühl im Magen sich nicht kund gibt, so ist doch damit nicht erklärt, warum die andern Erscheinungen des Hungers fehlen. Dies wird aber dadurch aufgehellt, dass hier noch ein anderer Zustand zu berücksichtigen ist. Reizung des n. vagus bringt nämlich Übelkeit und Erbrechen hervor, mit diesen Symptomen sind aber stets Eckel und Abneigung gegen Speisen vorhanden. — Im niedrigsten Grade ist das Gefühl von Sättigung, was im höchsten Grade das Gefühl von Eckel ist. Wenn der Hungrige Nahrung in den Magen bringt, so beginnt sogleich der Zustand nachzulassen, welcher dem Hungergefühle des Magens zukommt. Deshalb kann auch der Hunger bald nach genossener Nahrung und selbst nach einer geringen, nicht ausreichenden Menge aufhören, und eher als neuer Chylus dem Blute zugeführt ist, weil das Gefühl der Sättigung in Folge von gelinder Reizung der Vaguszweige im Magen den Hunger verscheucht.

Allgemeine Ermüdung und erhöhte Reizbarkeit beim Hunger.

374. 2) und 3) Das zweite Symptom des Hungers, die allgemeine Erschlaffung und Ermüdung, so wie das dritte Symptom, die erhöhte Reizbarkeit im Nervensystem lassen sich ungezwungen auf eine gemeinschaftliche Ursache zurückführen, nämlich auf Mangel an Stoff, an Nahrung, an Blut. Hunger tritt ein, wenn längere Zeit keine Nahrung in den Körper gebracht, aber der Stoffwechsel in regem Fortgange erhalten worden ist. Wird der Verbrauch namentlich von Muskeln und Nerven auf ein Minimum reducirt, wie im Schlafe, so tritt der Hunger nicht hervor. Vermehrter Stoffwechsel durch Muskelbewegung, ferner beim Wachsthum, nach Krankheiten, steigert hingegen den Hunger, aber nur unter der Bedingung, dass die Gefühlsnerven im normalen Zustande sind. Wenn z. B. durch einen starken Spaziergang sich eine Stase in den Magengefässen bildete, und dadurch der n. vagus gereizt würde, so bringt eine solche Übung sicher nicht vermehrten Hunger hervor, sondern im Gegentheil das Gefühl von Sättigung.

Trieb nach Nahrung beim Hunger.

375. 4) Das vierte Symptom des Hungers ist der Trieb, Nahrung zu nehmen. Die Beobachtung hat nun gelehrt, dass alle Triebe nur unter Mitwirkung des grossen Gehirns zu Stande kommen. Dieser Gehirneinfluss ist für den Hunger von grosser Wichtigkeit. Damit hängt zusammen, dass Gemüthsaffecte den Hunger plötzlich aufheben und auch hervorrufen können, dass bei Irren der Hunger unmässig sein, oder auch fehlen kann, dass nach Wegnahme des grossen Gehirns bei Thieren der Hunger ganz verschwindet u. s. w.

Digitized by Google

Die hungerstillenden Mittel wirken in verschiedener Weise; entweder durch Reizung der Magenäste des n. vagus, oder dadurch, dass sie das Gefühl abstumpfen, oder durch Einfluss auf das Gehirn. Hungerstillende Mittel.

376. Der Zusammenhang und die Analyse der einzelnen Hungersymptome sind noch nicht aufgeklärt. Am Wahrscheinlichsten ist es, dass der Mangel an chylus, an frischem Blute den Ausgangspunct bildet. Von welchen Nerven diese Veränderung des Blutes gefühlt wird, ist noch unbekannt. Ich habe früherhin die Hypothese aufgestellt, es seien die Herznerven dazu bestimmt, welche mit dem Gesammtblute in so naher Berührung sind und auch jetzt scheint mir diese Ansicht annehmbar. — Man kann aber auch sich vorstellen, dass das stoffärmere Blut von allen Gefühlsnerven des Körpers erkannt wird, und dass dieser Mangel durch eine allgemeine Erschlaffung und Reizbarkeit, in dem Magen durch das eigenthümliche Ziehen und Nagen sich kund gibt. Es entsteht nun auch hier durch einen unerklärten Zusammenhang in Folge des Mangels ein Trieb zum Ersatz, wie z. B. auch der Mangel an Licht den Trieb nach demselben erhöht. Erklärung des Hungers.

377. Der Durst ist im Mangel an Flüssigkeit des Blutes begründet. Dieselbe Rolle, welche der Magen im Hunger spielt, scheint bei dem Durste der hintern Schlundwand, dem weichen Gaumen und der Zungenwurzel zuzukommen. Da der n. glossopharyngeus grade zu allen diesen Theilen hingeht, so ist zu vermuthen, dass dieser sich ähnlich wie die Magenäste des vagus beim Hunger verhält. Durst entsteht, wenn das Blutwasser aus den Gefässen tritt, wie bei stasis, daher bei Entzündungen, ebenso bei grossem Wasserverlust durch Schweiss, Urin etc. Ob der Genuss gesalzener Speisen dem Blute Wasser entzieht, oder nur auf das vom glossopharyngeus versorgte Gebiet wirkt, ist nicht ermittelt. Der Durst hört hier meistens auch dann von selbst auf, wenn er nicht befriedigt wird. Durst.

Muskelgefühl.

378. Wenn ein Muskel gezerrt, gekneipt, durchschnitten wird, so sieht man nicht, dass irgend eine Reaction entsteht, welche auf das Vorhandensein von Schmerz deutet. — Hingegen bringen kräftige Muskelcontractionen deutlichen Schmerz hervor. Neuerlich ist von Schiff [1]) das Muskelgefühl gänzlich geläugnet worden. Der hauptsächlichste Beweis, den er ausser der Unempfindlichkeit der Muskeln gegen Reizung angibt, ist der, dass man nach Durchschneidung der vordern (motorischen) Rückenmarkswurzeln in allen den betreffenden Muskeln sämmtliche Muskelgefühl.

1) Schiff, Phys. I, 156.

Digitized by Google

Nervenfasern fettig entartet finde und keine sei erhalten. Ich habe keine eigenen Beobachtungen über diesen Gegenstand gemacht. Aber es scheint mir ausserordentlich schwierig, zu behaupten, es sei nicht eine einzige Nervenfaser unter den vielen normal geblieben. Jedenfalls muss ein grosses Gewicht auf den Nachweis gelegt werden, ob in den Muskeln bei normalem Zustande Gefühl vorhanden ist, oder nicht. Schiff glaubt, dass der Schmerz, den man nach anhaltender oder wiederholter Contraction fühlt, die Ermüdung, in der Haut und andern benachbarten Theilen, nicht aber in den Muskeln selbst gefühlt wird. Diese Annahme halte ich für nicht richtig. Bei manchen Bewegungen kann man aufs Deutlichste den Schmerz in den Muskeln von dem gleichzeitig in Nachbartheilen vorhandenen unterscheiden. Wenn man z. B. den Arm grade ausstreckt, einerlei, ob er unterstützt wird, oder nicht, so fühlt man das unangenehmste Gefühl in der Gegend des Ellenbogengelenkes. Dieses rührt wahrscheinlich von den Gelenknerven her, weil die Bänder stark gespannt werden. Zugleich aber fühlt man ein dunkles Schmerzgefühl im Verlaufe des m. triceps. — Beugt man so stark als möglich den Vorderarm, so fühlt man aufs Allerdeutlichste den m. biceps und bei Aufmerksamkeit sogar den brachialis internus. Ebenso ist es hinsichtlich der Beugung des Unterschenkels. — Man fühlt in jenem Falle Nichts am Vorderarm, und in diesem Nichts am Unterschenkel, obwohl auch die Haut dieser Theile gespannt oder gefaltet wird. Aufmerksame Menschen, welche keine anatomische Kenntniss haben, beschreiben oft den Ermüdungsschmerz im m. gastrocnemius so, dass man den ganzen Verlauf des Muskels daran erkennt. Krämpfe, welche sich auf ganz kleine Theile beschränken, z. B. bloss auf den m. levator anguli oris, bringen oft eine genau auf die krankhafte Muskelstelle beschränkte schmerzhafte Empfindung hervor.

Dass Reize, welche auf Muskeln angewendet werden, keinen Schmerz erzeugen, ist zwar auffallend und noch nicht aufgeklärt, aber nicht ohne analoge Beispiele. Die retina und der n. opticus sind vollständig gefühllos gegen alle Reize, welche an andern mit Nerven versehenen Theilen heftig schmerzen. Man kann, wie Magendie [1]) mit Recht angibt, bei Säugethieren die retina stechen und mit der Nadel über dieselbe hergehen, ohne dass die geringste Schmerzäusserung entsteht. Dennoch ist helles Licht ungeheuer empfindlich. Es wird unten bewiesen werden, dass dieser Schmerz nicht etwa dadurch entsteht, dass das Licht gleichzeitig andere Nerven affizirt; und man muss entweder sagen, die retina und der n. opticus

1) Magendie, Journ. de Phys. Paris 1825. IV.

Digitized by Google

können bloss Schmerzgefühl zeigen, wenn das Licht auf sie einwirkt, oder sie tragen, wenn sie vom Lichte erregt worden sind, diese Erregung über auf andere Gefühlsnerven. So würde man also auch in unserm Falle von den Muskeln behaupten können, sie seien nur schmerzhaft erregbar, wenn die ihnen eigenthümliche Thätigkeit über das Mass in Anspruch genommen würde, oder es wäre auch hier möglich, dass die Muskelnerven wieder die Gefühlsnerven anregten, und auf indirektem Wege der Schmerz zu Stande komme. — In praktischer Beziehung macht das keinen grossen Unterschied. Wir haben keinen bestimmten Grund, das Muskelgefühl zu läugnen, wenn wir auch über seine Entstehung noch nicht ohne Zweifel sind.

379. Von vielen Muskelnerven wissen wir mit Bestimmtheit, dass sich mit ihnen Gefühlsnerven mischen, z. B. dem oculomotorius, facialis etc., und dies scheint dafür zu sprechen, dass das Muskelgefühl einen besondern physiologischen Werth hat.

380. Wenn nun der Muskel fähig ist, Schmerz zu fühlen, so ist auch die Annahme begründet, dass es ein normales Muskelgefühl gibt, welches den jeweiligen Zustand der Muskeln zum Bewusstsein bringt, ob er z. B. eine grössere oder geringere Contractionsfähigkeit besitzt, woraus wiederum das Gefühl von Stärke oder Schwäche sich erklärt, aus welchem dann verschiedene Gemüthsaffecte (wie Behaglichkeit und Entschlossenheit im einen, Unbehaglichkeit und Ängstlichkeit im andern Falle) hervorgehen.

381. Aus dem Muskelgefühle lassen sich manche Erscheinungen der Sinnesempfindungen, namentlich des Sehens, deuten, wovon in dem Abschnitte über den Gesichtssinn die Rede ist.

382. Hingegen ist nicht zu läugnen, dass gewisse Phänomene durch das Muskelgefühl erklärt werden, welche nicht dahin zu rechnen sind. So z. B. können Kranke, welche an Hautanästhesie leiden, ihre Bewegungen nicht abschätzen. Solche Kranke können Bewegungen nur sicher ausführen, wenn sie sie sehen, sinken zusammen, lassen die Gegenstände aus der Hand fallen, wenn sie ihre Aufmerksamkeit nicht darauf richten. Sie heben bei ihren Bewegungen die Füsse oft viel höher, als nothwendig ist, fallen leicht um, wenn sie nicht auf ihre Füsse sehen, oder wenn man ihnen die Augen zubindet. In diesen Fällen ist die Unregelmässigkeit der Bewegung nicht nothwendig von dem Gefühl der Muskeln allein bedingt, sondern auch und hauptsächlich von der Haut. Wenn z. B. die Haut der Fusssohle gefühllos ist, so kann man den Druck, den der Fussboden ausübt, nicht empfinden, weiss daher auch nicht, ob man feststeht oder nicht.

383. Unbestritten ist, dass nur solange die Nerven Gefühl zeigen, als sie in Verbindung mit Gehirn oder Rückenmark stehen, Organe des Gefühls.

Digitized by Google

getrennt davon sind sie gefühllos. — Es bleibt zu untersuchen, welches die Stellen im Gehirn und Rückenmarke sind, von denen die Eigenschaft zu fühlen ausgeht. Den sichersten Aufschluss würden gewiss gut beobachtete Krankheitsfälle geben, welche tödtlich verlaufen und über welche genaue Sectionen mit Anwendung des Mikroskops gemacht worden sind. Beobachtungen der Art sind in neuerer Zeit besonders von Türck angestellt worden. Solche Fälle sind aber zu selten, häufig beschränken sich auch die Veränderungen nicht auf eine bestimmte Stelle, sondern sind weiter verbreitet, und gewöhnlich haben sich während der Krankheitsdauer soviele Modificationen eingestellt, dass das Resultat unsicher wird. Man ist deshalb genöthigt, bei Thieren Krankheiten zu erzeugen, theils indem man Verletzungen anbringt, theils gewisse Theile ganz wegnimmt. In beiderlei Weisen lassen sich ganz bestimmte Resultate erzielen, wenn man nur mit hinlänglicher Genauigkeit dabei verfährt. Warum einige Physiologen Versuche der Art roh nennen, gewöhnlich solche, die sich nicht daran gegeben haben, sie anzustellen, ist mir nicht erklärlich. So wenig als eine Trepanation bei einem Menschen eine rohe Operation ist, ebenso wenig ist sie es bei einem Kaninchen, auch die eintretende Blutung stempelt sie nicht dazu, und ich meinerseits halte es immerhin noch für feiner, einem lebenden Thiere einen gewissen Theil von Gehirn und Rückenmark kunstgerecht zu exstirpiren, als Versuche über das Zuckungsgesetz oder den Muskelstrom zu machen, bei denen die Feinheit grösstentheils mehr dem Mechaniker als dem Forscher anzurechnen ist. — Auch bei den Gehirn- und Rückenmarksversuchen kommt es darauf an, alle jene Klippen zu umgehen, welche bei dem Übergange eines Versuches zu einer Erfahrung sich einstellen und die treffend von Goethe XL, 394 geschildert sind.

Ich habe zum Zwecke der folgenden Darstellung eine ganze Reihe von Versuchen an Kaninchen gemacht, theils um dunkle Punkte aufzuhellen, sowie fremde und eigene, aus früherer Zeit herrührende Angaben zu berichtigen, theils um mir ein eigenes bestimmtes Urtheil über widersprechende Angaben bilden zu können. Ich werde nur dasjenige anführen, was man als vollkommen sicherstehend betrachten kann. — Bei der Beurtheilung aller Versuche, welche bei Thieren angestellt werden, um das Dasein von Gefühl zu erforschen, kommt man über einen Skrupel gar nicht hinweg. Man weiss nämlich niemals mit voller Gewissheit, ob ein Thier, welches einem auch bei Menschen schmerzerregenden Eindrucke sich entzieht, wenn es schreit, sich wehrt, auch das subjective Schmerzgefühl hat oder nicht. Beweisen lässt sich zwar dies nicht, aber höchst wahrscheinlich ist ein solches Gefühl vorhanden, weil man ganz dieselben Äusserungen auch bei dem Menschen findet, wenn er sie nicht willkührlich unter-

Digitized by Google

drückt. Diese Lücke kann und muss die Pathologie ausfüllen, sobald erst vollkommen übereinstimmende Resultate physiologischer Versuche existiren. -- Wo im Folgenden von An- oder Abwesenheit des Gefühls gesprochen ist, ist nur die An- oder Abwesenheit von Bewegungen obengenannter Art wirklich beobachtet worden.

384. Derselbe Umstand fordert noch zu einer andern Verständigung auf. Es kommen dem Experimentator Fälle vor, in welchen nach einer schmerzerregenden Einwirkung auf irgend einen Gehirntheil jene Bewegungen ganz ausbleiben, ein ander Mal aber jedoch nur in geringem Grade erscheinen und bei noch weitern Versuchen ein Mal sehr energisch sich zeigen und bei Wiederholung wieder ausbleiben. — In solchen Fällen gebietet die Vorsicht lieber die Thatsache noch in der Schwebe zu lassen, als zu voreilig zu urtheilen.

Verhältniss des Gehirns zum Gefühl.

385. Zuerst soll das Verhältniss des Gehirns, dann des Rückenmarks auf das Gefühl untersucht werden. An dem Gehirne stelle ich die Versuche in folgender Weise an. Bei der geringen Schmerzhaftigkeit desselben pflege ich nicht vorher zu ätherisiren. Nach gemachtem Hautschnitte wird der Schädel vollständig von galea und periosteum befreit, mit einer schmalen Trephine werden neben der Mittellinie zwei runde Schädelstücke ausgesägt, dann mit der schneidenden Zange die Decke vollständig gelöst.

Ist die Oberfläche des Gehirns entblösst, die Blutung gestillt, so wird die dura mater durchschnitten und nun auf verschiedene Weise verfahren, je nachdem man die Seitenventrikel blosslegen will, oder gleich die Vierhügel. Im ersten Falle trägt man durch Querschnitte das Gehirn ab, bis man an den durch seine schönweisse Farbe erkenntlichen, hervorstehenden fornix gelangt, vor welchem das graue corpus striatum liegt. Hebt man den fornix vollständig auf, so erscheint der thalamus vor dem vordern Vierhügel. — Im zweiten Falle hebt man mit einem schmalen Messerstiele die Hemisphäre vorsichtig durch eine Anzahl Hebelbewegungen hervor. Indem man immer tiefer mit dem Messerstiel dringt, hält ein Gehülfe gleichfalls mit einem Messerstiele durch leisen Druck das Gehirn oben, dass es nicht mehr in die Schädelhöhle zurücksinke. So kann man die ganze Hälfte hervorlegen und abschneiden, so dass die Vierhügel vor Augen liegen. --

Corpora striata. Thalami.

386. Ich habe ebenso wenig als andere Beobachter jemals Reactionen während der Wegnahme der Hemisphären gesehen, zuweilen ein Zähneknirschen beim Herausnehmen des gestreiften Körpers oder Sehhügels, indess niemals auch hier eine unzweideutige Äusserung von Schmerz. Vielmehr bleiben die Thiere, wenn z. B. die Streifenhügel ausgeschnitten werden, ganz ruhig. Da sowohl Andere als

Digitized by Google

ich selbst sehr viele Versuche der Art angestellt haben, so ist der Schluss gerechtfertigt, dass entweder diese Theile gar kein, oder nur ein sehr unbedeutendes Gefühl haben. Den tiefern Schichten der Sehhügel theilt Schiff Gefühl zu. Darin hat er gewiss in sofern Recht, als die pedunculi cerebri Organe sind, deren Reizung immer Schmerzäusserungen zur Folge hat, und die Fasern derselben in die Sehhügel auslaufen. Eben daher mag sich auch das zuweilen eintretende Knirschen bei Exstirpationen der gestreiften Körper erklären, in welche gleichfalls Fasern der pedunculi sich ausbreiten. — Wenn es mithin noch problematisch, jedoch wahrscheinlich ist, dass sich bis zu den beiden genannten Gehirnorganen schon Gefühlsfasern erstrecken, so scheint dies von dem dritten Gehirnganglienpaar den Vierhügeln unzweifelhaft.

Corpora quadrigemina.

387. Wenn man bei einem Kaninchen das Gehirn soweit abgetragen hat, dass die vordern Vierhügel vollständig vorliegen und das Thier, wie gewöhnlich, ganz ruhig dasitzt und sich nicht rührt, und nun mit einem spitzen Messer mit einem Male in einen vordern Vierhügel sticht, so springt es augenblicklich auf, oft vom Tische herab, und macht ganz solche Bewegungen, als ob man eine Zehe gekneipt hätte. Oft dauert es eine ganze Zeit, ehe das Thier wieder zu Ruhe kommt. Dies ist ebenso auffallend bei Vögeln. — Man kann nicht daran zweifeln, dass dies Schmerzäusserungen sind. Der obere Theil des vordern Vierhügel ist jedoch unempfindlicher, als der tiefer liegende und der dem äussern Rande nahe nicht so empfindlich, als der am innern Rande, wo die Hügel beider Seiten sich begränzen. Ich habe nicht selten gesehen, dass ich einen grossen Theil eines vordern Vierhügels abtrug, ohne dass das Thier sich rührte, aber in andern Fällen reichte ein leichter Druck mit dem Messerrücken schon hin, deutliche Affectionen zu veranlassen. — Der Schmerz scheint auch in den Vierhügeln den aus den pedunculi kommenden Fasern zugeschrieben werden zu müssen.

Einfluss der Exstirpation der Vierhügel auf das Gefühl.

388. Man muss bei allen Centralorganen nicht nur prüfen, ob ihre Reizung Schmerzäusserung hervorbringt, sondern auch ihren Einfluss, welchen sie nach ihrer Wegnahme auf die Gefühlsfasern äussern. Es gibt nämlich Nervenorgane, welche sich indifferent gegen Reize verhalten, durch deren Zerstörung hingegen das Gefühl sich ändert. Beide Eigenschaften sind in den Vierhügeln vereinigt. Dieselben reagiren gegen Reize und wirken auf das Körpergefühl. Ich habe beobachtet, dass nach Wegnahme des vordern Vierhügels einer Seite, aber auch schon nach Exstirpation eines Gehirnlappens auf derselben Seite das Gefühl geringer wird, als das auf der andern Seite, jedoch nur vorübergehend, und zwar bald rascher, bald langsamer. Bei diesem Versuche muss man sich aber auf den Vierhügel selbst

Digitized by Google

beschränken und darf nicht auch den darunter liegenden pedunculus mit verletzen. — Ich habe, um ein Mass der Vergleichung zu haben, den Inductionsapparat von Dubois angewandt, an dessen Schlitten eine genau getheilte Skala befestigt ist. Die Drähte setzte ich so ein, dass sie gerade in die Winkel einer Zehe eingriffen, gewöhnlich der zweiten oder dritten. Ich beobachtete ganz constant, dass bei derselben Stromstärke, bei welcher an der nicht verletzten Seite schon deutliche Reaction sich einstellte, diese an der andern Seite fehlte, an der das corpus quadrigeminum exstirpirt war. — Noch bedeutender trat die Erscheinung in den Vordergund, wenn auch der hintere Vierhügel verletzt war. — Ich muss daher annehmen, dass eine Verbindung der sensiblen Fasern einer Körperseite mit den Vierhügeln derselben Seite bestehe. — Hingegen bleibt nach der Exstirpation der Vierhügel immerhin noch ein beträchtlicher Grad von Gefühl zurück, und es müssen daher noch andere Quellen desselben existiren.

389. Mitunter ist die Empfindlichkeit auf der ganzen nicht verletzten Seite ausserordentlich gross; dann können die Thiere nicht auf derselben liegen und mässiger Druck einer Zehe mit der Hand bringt energische Reactionen hervor.

390. Meistens dauert das verminderte Gefühl nur eine gewisse Zeit hindurch, und dann gleichen sich nicht nur beide Seiten in dieser Beziehung wieder aus, sondern es tritt die umgekehrte Erscheinung ein, an der verletzten Seite ist das Gefühl stärker, als an der unverletzten. — Man hat wahrscheinlich die anfängliche Erscheinung als eine Reizung zu betrachten, welche einer Lähmungserscheinung Platz macht. Letztere bleibt aber auch nicht, vielmehr kann man nach einiger Zeit keinen Unterschied mehr entdecken. — Bei Apoplexien hat man meistens im Anfange Anästhesie auf der Körperseite beobachtet, welche der affizirten Gehirnstelle entgegengesetzt ist. Aber auch hier ist sie vorübergehend. Wahrscheinlich verläuft das erste Stadium der Reizung rasch oder wird auch übersehen, weil die Beobachtung schwierig, oft unmöglich ist.

Meine [1]) frühern an Fröschen angestellten Beobachtungen haben zu demselben Resultate geführt.

Vor Kurzem beobachtete Türck [2]) Anästhesie bei Krankheiten der äussern Peripherie eines Sehhügels.

391. Aus den vielen Untersuchungen über den Verlauf der Gefühlsfasern im Rückenmarke lassen sich einige Resultate als ganz sichergestellt betrachten. Verhältniss des Rückenmarks zum Gefühl.

1) Wenn man eine Hälfte des Rückenmarks vollständig durch-

1) Budge, Unters. über das Nervens. 1842. II, 218.
2) Türck in Sitzungsber. der Wiener Ak. 1859. XXXVI, 191.

Digitized by Google

schneidet, so ist auf derselben Seite das Gefühl erhöht, auf der andern Seite vermindert. Man schneide z. B. einem ätherisirten Kaninchen in der Gegend des 10. bis 12. Rückenwirbels die Haut und die Muskelmasse ein, breche den betreffenden Dornfortsatz mit einer schneidenden Zange weg, und nehme dann den ganzen Wirbelbogen fort, stille die Blutung und steche nun genau in der Mittellinie ein spitzes, schmales Messer bis zum Knochen ein, und führe es bis nach Aussen. Nachdem der Schnitt gemacht ist, wird es zweckmässig sein, ein kleines Stückchen aus dem Rückenmarke dieser Seite ganz herauszuschneiden und sich sicher zu überzeugen, dass die Durchschneidung ganz vollständig ist. In einem solchen Versuche auf der rechten Seite wurde die Rolle des Inductionsapparates soweit vorgezogen, dass der Zeiger 100 mm von der primären Rolle entfernt war. Hiebei zeigten sich bedeutende Schmerzäusserungen, wenn die Drähte in den Zehenwinkel des rechten Hinterbeines gebracht wurden, hingegen konnten die beiden Rollen ganz einander genähert werden, ohne dass irgend eine Reaction sich kund gab, welche auf Schmerz deutete, wenn in gleicher Weise an der linken Seite verfahren wurde. Auch die Blosslegung des n. ischiadiacus ertrug das Thier, ohne sich zu rühren. Erst als ein starker Strom (50 mm Entfernung) durch den Nerven ging, zeigte sich deutlicher Schmerz. — Aus diesen Versuchen ist zu schliessen, dass die Gefühlsfasern bei ihrem Eintritte ins Rückenmark grösstentheils sogleich in die andere Markhälfte eintreten. Obwohl aus Versuchen, wie der genannte, hervorzugehen scheint, dass ein Theil der Fasern sich nicht kreuzt, so muss man doch auch bedenken, dass es nicht möglich ist, die Halbirung so genau zu machen, um mit apodiktischer Gewissheit sagen zu können, es seien alle Fasern derselben Seite ausnahmslos durchschnitten und gar keine der andern. Sicher hingegen findet, wie ich auch bereits in meinen frühern Untersuchungen angedeutet habe, ein Übertritt jedenfalls der grössten Menge sensibler Fasern von der einen Seite zur andern Statt.

2) Wenn das ganze Rückenmark so durchschnitten wird, dass nur noch die weisse Substanz der hintern (obern) Rückenmarkfläche die Verbindung bildet, so ist das Gefühl in den hinter der Durchschnittsstelle gelegenen Theilen vollständig aufgehoben, wie Brown-Séquard und Schiff bewiesen haben, was ich gleichfalls bestätigen kann.

3) Wenn das Rückenmark blossgelegt ist, und man schneidet mit einem feinen Messer nur die weisse Substanz der Hinterfläche einer Rückenmarkshälfte quer ein, so dass die graue geschont bleibt, so zeigen sich Schmerzäusserungen während der Durchschneidung. Jedoch ist weder an dem hinter der Durchschnittsstelle gelegenen

Digitized by Google

Rückenmarkstheile, noch an den hintern Extremitäten das Gefühl aufgehoben, sondern ist vielmehr in noch gesteigertem Masse vorhanden. Diese Gefühlsvermehrung, Hyperästhesie, auf welche früher schon von Fodera hingewiesen wurde und die in neuerer Zeit unabhängig von einander von Schiff und Brown-Séquard dargethan wurde, ist nach meinen eigenen vielfachen Versuchen in der That höchst auffallend. Man sieht dieselbe recht deutlich, wenn man an beiden Seiten die Hinterstränge ohne graue Substanz wegnimmt. Schon ein geringes Kneifen der Hinterbeine reicht oft aus, dass das Thier in die Höhe springt und selbst schreit, wie es weder vor der Verletzung der Fall war, noch nach der Eröffnung des Rückenmarkskanals. [1])

Wenn man nun mit einer Nadel an der Stelle, an welcher die weisse Substanz weggenommen ist, in die graue Substanz hineinsticht und hin und her herumfährt, so zeigen sich keine Reactionen, das Thier bleibt vollkommen ruhig. Nähert man sich aber wieder der dahinter gelegenen weissen Substanz mit der Nadel oder kneipt man eine Zehe des Hinterbeins, so tritt sogleich deutliche Schmerzäusserung auf. Diese Angabe von Schiff und Brown-Séquard habe ich gleichfalls sehr häufig beobachtet. — Durchschneidet man hingegen auch die graue Substanz einer Rückenmarkshälfte, so hört in dem dahinterliegenden Theile der andern Körperseite das Gefühl ganz oder grösstentheils auf. — Ob zur Aufhebung des Gefühls es nothwendig ist, auch die graue Substanz der Vorderstränge auf beiden Rückenmarkshälften zu zerstören, oder ob schon die Trennung der grauen Substanz der Hinterstränge genügt, ist noch nicht völlig ausgemacht. — In meinen frühern Versuchen [2]) hatte ich beobachtet, dass in einem Rückenmarke, welches zum grössten Theile durchschnitten war und bei dem also nur eine Schicht der grauen Vordersubstanz noch geblieben war, doch der darunter liegende Rückenmarkstheil noch deutliche Gefühlsreaction zeigte. Ich schloss damals daraus, dass Gefühlsnerven auch durch die Vorderstränge hindurch gehen. Bernard (s. Meissner's Jahresbericht. 1857. p. 459) beobachtete, dass bei mechanischer Reizung des Rückenmarks auch der Vordertheil empfindlich sei. Dieses Gefühl rührt nach demselben von sensiblen Fasern her, welche zu den Vorderwurzeln aus den hintern kommen. Es hört mit Durchschneidung der vordern Wurzeln auf.

---

1) Vgl. Fodera in Magendie Journ. 1823. p. 200. — Schiff in Canstatt's Jahresb. 1853. p. 213; in C. r. 1854. XXXVIII, 926. — Brown-Séquard in Gaz. méd. 1854. Nr. 9.

2) Budge, Unters. über das Nervens. 1841. I, 10.

v. Deen [1]) beobachtete, dass bei Fröschen so lange Empfindung fortdauere, als die grauen Vorderstränge noch unverletzt seien. — Eigenbrodt [2]) und Schiff [3]) gelangten zu einem gleichen Resultate. — Hingegen theilt Brown-Séquard [4]) nur der centralen grauen Substanz die Fähigkeit mit, die Empfindung zu unterhalten, eine, wie ich glaube, irrige Annahme.

Die Unempfindlichkeit der grauen Substanz zeigt sich vorzüglich deutlich am verlängerten Marke, ein Versuch, den ich sehr gewöhnlich in der Vorlesung anstelle. Hat man jenes zwischen atlas und Hinterhaupt blossgelegt, so kann man in den calamus einstechen, ohne dass das Thier sich rührt, während eine Reizung der nächsten Nachbarschaft gewaltige Reactionen hervorruft.

392. Ganz sicher festgestellt ist, und zwar zuerst durch Stilling's, neuerdings durch Schiff's und Brown-Séquard's Versuche, dass die graue Substanz auf Reize nicht (oder jedenfalls sehr unbedeutend) reagirt, also als nicht schmerzempfindend betrachtet werden kann, dass sie aber nichts desto weniger erforderlich ist, damit die weisse Substanz Fähigkeit zum Fühlen erhält. — Die Thatsache ist jedenfalls richtig, wovon ich gleichfalls mich öfters überzeugt habe. — Man schreibt daher der grauen Substanz die Fähigkeit zu, das Gefühl fortzuleiten, ohne selbst zu fühlen, — der weissen Substanz die Fähigheit zu fühlen, ohne das Gefühl fortleiten zu können. Schiff nennt in dieser Beziehung die graue Substanz ästhesodisch, d. h. gefühlleitend. — Man könnte sich vorstellen, dass die Gefühlsfasern, welche wahrscheinlich sämmtlich durch die graue Substanz hindurch treten, hier wie von einer das Gefühl isolirenden Substanz überzogen wären und dadurch reactionsunfähig würden. — Diese Annahme ist aber durch eine Beobachtung von van Deen unwahrscheinlich geworden. In der hintern weissen Substanz sind nämlich erstens Fasern vorhanden, welche nichts als Ausbreitungen sensibler Wurzelfasern ausmachen, zweitens aber auch andere den Rückenmarkssträngen eigenthümliche Fasern. Nun hat van Deen [5]) bei Fröschen beobachtet, dass, wenn man das Rückenmark zwischen den Eintrittsstellen zweier hintereinander liegenden Nervenwurzeln durchschneidet, keine Schmerzäusserungen sich kund geben. Der Querschnitt des Rückenmarks zeigte sich bei Vermeidung der Nerven selbst gleichfalls unempfindlich. — van Deen richtete einen Frosch so her, dass

---

1) van Deen, Traités et découv. 1841. p. 166.
2) Eigenbrodt, Leitungsges. im Rückenmarke. Giessen 1849. p. 41.
3) Schiff, Phys. I, 242.
4) Brown-Séquard in Gaz. Méd. 1855. p. 594.
5) van Deen in Moleschott's Unters. 1860. VI, 297. VII, 380.

Digitized by Goog

vom Abgange der vier letzten Rückenmarksnerven der Körper ganz unversehrt blieb, am Vorderkörper wurden alle Theile weggenommen, mit Ausnahme des Gehirns und des Rückenmarks. Die Centralorgane wurden auf eine Porzellanschale gelegt. — Elektrische Reizung der Haut der Hinterbeine brachte Bewegungen in dem noch unversehrten Körpertheile hervor, hingegen zeigte sich keine oder nur geringe Reaction in denselben Muskeln, wenn in gleicher Art der elektrische Strom auf Gehirn und Rückenmark einwirkte. Auch Schiff [1]) schliesst aus seinen Versuchen an Kaninchen, dass nur die Fortsetzungen der hintern Nervenwurzeln im Marke, wenigstens am Halse, schmerzempfindlich sind, nicht aber die eigenthümlichen Fasern der Hinterstränge.

393. Wenn sich diese Beobachtungen bestätigen, so würde daraus folgen, dass nur die sensiblen Nervenfasern selbst die merkwürdige Eigenschaft, zu fühlen, haben, dass sie aber erst dazu angeregt werden müssen, und zwar durch Vermittlung der grauen Substanz. Den Vorgang bei der Erzeugung vom Schmerz würde man also in folgender Weise sich vorzustellen haben. Ein schmerzerregender Eindruck bringt eine Molekularbewegung in einem sensiblen Nerven (gleichviel, ob in der Peripherie oder in seiner Ausbreitung im Rückenmarke), und in Folge dieser eine Veränderung in der grauen Substanz hervor, von welcher nur der sensible Nerve zur Reaction, d. h. zum Fühlen befähigt wird.

Mit dieser Anschauung lässt sich das Resultat vereinigen, zu welchem einige mikroskopische Untersuchungen geführt haben, dass nämlich die Gefühlsfasern (wenigstens zum grossen Theile) nicht gegen das Gehirn aufsteigen, sondern im Rückenmark ihr Ende erreichen.

394. Da nun, wie wir wissen, eine zwiefache Äusserung sich kund gibt, wenn die Gefühlsfasern von der grauen Masse erregt worden sind, nämlich eine Reihe von Bewegungen und zweitens die subjective Empfindung, so entsteht die Frage, ob die graue Masse im Rückenmarke im Stande ist, diese doppelte Wirkung zur Erscheinung zu bringen, oder nur eine von beiden. Die Beobachtungen lehren, dass die subjective Empfindung bei dem Menschen und den höhern Thieren nicht vom Rückenmarke ausgeht, sondern dazu die Theilnahme höher gelegener Theile, namentlich des verlängerten Marks, nothwendig ist (s. p. 708). — Hingegen können die Bewegungen schon durch die graue Masse des Rückenmarks allein erzeugt werden. Man bezeichnet dieselbe mit dem Namen: Reflexbewegungen, von denen unten besonders gehandelt wird. Wir

---

1) Schiff, Phys. I, 238.

können also sagen, die in einem sensiblen Nerven durch eine Reizung hervorgebrachte Molekularbewegung theilt sich entweder bloss dem betreffenden Ganglienplexus im Rückenmarke mit und wird Veranlassung zur Reflexbewegung, oder sie hat auch eine Theilnahme des verlängerten Marks zur Folge, und es entstehen hienach nicht nur die den Schmerz begleitenden Bewegungen, sondern auch das Subjective des Schmerzgefühls.

395. Sehr interessante Versuche über den Verlauf der Gefühlsfasern in den Hintersträngen haben noch Brown-Séquard und Schiff angestellt, indem sie grössere Strecken weisser Substanz von der darunterliegenden grauen Substanz loslösten. Brown-Séquard machte einen Querschnitt, welcher von der Mittellinie des Rückenmarks ausgehend, nach Aussen führte und in die weisse Masse eindrang. Sodann machte er in der Mittellinie einen Längsschnitt in der Richtung nach dem Schwanz (nicht nach dem Kopfe) hin und löste nun einen Lappen los, welcher die Hinterstränge dieser Stellen enthielt. Kneipte er nun an der Stelle, wo der Lappen abgelöst war, d. h. da, wo der erste Querschnitt gemacht war, so entstand doch deutliche Schmerzäusserung. War der Lappen so gross, dass er drei Wirbellängen umfasste, so fehlte der Schmerz, erreichte er den zweiten, so war er schon geringer, als wenn er nur bis zu einem ging. — Dies erklärt sich dadurch, dass die eintretenden sensiblen Wurzeln auch in Bogen sich nach Unten wenden, ehe sie in die graue Substanz eintreten.

Verhältniss des verlängerten Marks zu dem Gefühl.

396. 4) Die Stelle des Nervensystems, in welchem das bewusste Gefühl seinen Sitz hat, liegt jedenfalls zwischen der Rautengrube und den Ausstrahlungen der pedunculi cerebri in die Vierhügel, die Sehhügel und gestreiften Körper. Sobald bei einem Menschen durch Verwundung oder Druck des Rückenmarks die Communication mit dem verlängerten Mark unterbrochen ist, fühlt er keinen Schmerz an allen unterhalb der kranken Stelle gelegenen Theilen. Säugethiere leben oft noch sehr lange nach Durchschneidung des Rückenmarks, wenn dieselbe nicht zu hoch oben verrichtet wurde. Die Blutzufuhr ist nicht abgeschnitten und dennoch zeigt der Körper gegen die heftigsten Insultationen durch schmerzerregende Mittel keine Erscheinungen, welche auf eine Schmerzempfindung deuten.

397. Ob nun das Gehirn gar keinen direkten Antheil am Gefühl hat, ist mit Sicherheit schwer zu entscheiden. Dieser Antheil kann nämlich nur im Bewusstwerden des Gefühls liegen, worüber durch Versuche sich Nichts bestimmen lässt. Alle Bewegungen, welche man bei Thieren als Schmerzäusserungen sieht, können möglicher Weise ohne das subjective Gefühl bestehen, obwohl dies nicht wahrscheinlich ist.

398. Der Gang, den die molekularen Bewegungen nehmen von dem Augenblicke an, in welchem eine Erregung auf das peripherische oder centrale Ende Statt findet, bis zu dem Augenblicke, in welchem das Gefühl durch subjective und objective Erscheinungen sich kund gibt, ist nach den oben gemachten Erläuterungen wahrscheinlich folgender. Zuerst schreitet die molekulare Bewegung theils zu den Ganglienzellen des Rückenmarks, theils bis zum verlängerten Marke fort, von da aus reflectirt sich dieselbe durch Vermittlung der grauen Rückenmarkssubstanz bis an die Stelle, von wo sie ausgegangen ist.

d) Bedingungen des Gefühls.

399. Das Dasein, die Erhöhung und Verminderung des Gefühls, hängt hauptsächlich von drei Bedingungen ab, nämlich 1) von den Centralnerventheilen, 2) von den Gefühlsnerven selbst, und 3) vom Blute, resp. vom Sauerstoffe.

Centraltheile.

400. 1) Das Gehirn wirkt insofern auf das Gefühl, als Aufmerksamkeit, Wille und Vorstellung zur Klärung des Gefühls erforderlich sind. — Im verlängerten Marke ist der wesentliche Sitz des Gefühls, und ohne die graue Substanz kann sich das Gefühl nicht ausbreiten.

Peripherische Nerven.

401. 2) Bei den peripherischen Nerven kommen verschiedene Umstände in Betracht, und zwar a) die Individualität der Nerven, b) der Ort ihrer Ausbreitung, c) die Menge der in einem Theile verbreiteten Fasern, d) der Zustand der Umgebung der Nerven, e) Dauer des Eindrucks, f) die ungestörte Fortleitung.

Ihre verschiedene Empfindlichkeit, n. trigeminus.

Ad a) Nicht alle Nerven scheinen auf gleiche Weise empfindlich zu sein. Besonders zeigt bei Versuchen der n. trigeminus in allen Zweigen eine bedeutende Reaction. Obgleich die Fäden des n. trigeminus, welche mit andern motorischen Nerven sich verbinden, in der Regel wenig umfangreich sind, so sind doch solche motorische Nerven durch diese Verbindungen mit sehr intensivem Gefühle versehen. Dies bemerkt man z. B. am n. facialis. — Dennoch kann man nicht mit Sicherheit behaupten, dass der n. trigeminus diese qualitative Eigenthümlichkeit zeigt, da es am ganzen Körper keinen andern Nerven gibt, welcher ohne Beimischung motorischer oder sensueller Fasern zugleich so zugänglich ist, als der n. trigeminus, wodurch die Vergleichung sehr erschwert wird. Man kann beispielsweise die hintern Wurzeln deshalb nicht mit dem n. trigeminus vergleichen, weil der Blosslegung eine eingreifende Operation vorhergeht.

n. splanchnicus.

402. Zu den sehr empfindlichen Nerven gehört auch der n. splanchnicus, was namentlich dem n. vagus gegenüber sehr auffallend ist. Wenn letzterer neben der cardia durchschnitten wird, so reagirt das Thier gar nicht oder kaum. Niemals kommt es aber vor, dass Reizung oder Durchschneidung des splanchnicus nicht

Digitized by Google

bedeutende Schmerzäusserungen hervorbringt. Wahrscheinlich rührt von diesem Nerven auch die Empfindlichkeit des ganglion coeliacum her. Ich habe dasselbe niemals irritirt, ohne dass sich deutliche Reaction kund gab. — Der n. sympathicus am Halse ist, wenn nicht ganz gefühllos, wenigstens doch sehr wenig empfindlich. Es ist mir kein Fall bekannt, in dem ich mich mit Bestimmtheit überzeugt hätte, dass schmerzerregende Eindrücke auf diesen Nerven gewirkt hätten.

Empfindliche Körpertheile.

403. Ad b) Von den Organen des Körpers gehört ohne Zweifel die Haut zu den empfindlichsten, während der Muskel (jedoch mit Ausnahme des Herzens) ganz gefühllos zu sein scheint, ebenso auch die Sehnen, der Knorpel, und die Gefässwandungen. Wenig oder kein Gefühl hat unter gewöhnlichen Verhältnissen der Knochen. — Das Gefühl der Schleimhäute ist bedeutend auf der Zunge, in der Mund-, Nasen- und Rachenhöhle, auch im Kehlkopfe, in der Nähe der Mündungen der Harnröhre, des Mastdarms, der weiblichen Geschlechtstheile. Aber auch die Schleimhaut des ganzen Darmkanals mit Einschluss des Magens ist sehr empfindlich, ebenso des uterus. Man kann dies nicht aus Versuchen an Thieren beurtheilen, da man erst nach tiefen Eingriffen in die Organisation davon Kenntniss erlangen kann. Aber Beobachtungen an Menschen zeigen dies deutlich. So z. B. sind auch bei völlig Gesunden einigermassen starke Ausdehnungen der Gedärme schmerzhaft. — Von den übrigen Unterleibseingeweiden zeigen die Nieren auch trotz der Eröffnung des Unterleibs doch öfters noch ein geringes Gefühl gegen mechanische Insultationen, aber es dauert gewöhnlich eine Zeit lang, bis es sich äussert. — Der Hoden ist bei Menschen gleichfalls empfindlich.

Zahl der Gefühlsnerven.

404. Ad c) Jedes Gefühl wird deutlicher, wenn eine grössere Anzahl von Nerven gleichzeitig ergriffen wird. Taucht man ein Fingerglied in Wasser von +39 °R., so entsteht kein Schmerz, wohl aber, wenn die ganze Hand in dasselbe Wasser getaucht wird. Ebenso verhält sich's hinsichtlich der Kälte (E. H. Weber). [1])

Steigerung der Empfindlichkeit.

405. Ad d) Nerven, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen keine grosse Empfindlichkeit zeigen, können solche in kranken Organen erhalten. Dies sehen wir bei Entzündungen, bei manchen Geschwülsten, besonders carcinomatösen. Entzündungen in den sonst fast unempfindlichen Knochen können sehr heftige Schmerzen veranlassen, ebenso in den serösen Häuten, in den Lungen. Es lässt sich nicht sagen, ob die quantitative Vermehrung der Reizung diese höhere Empfindlichkeit veranlasst, oder die Qualität derselben. Wenn

---

1) E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl in Wagner's Handwörterbuch, III b., p. 572.

Digitized by Google

man bedenkt, wie Krebsgeschwüre oft so lange Zeit dauern und immer der Schmerz so heftig bleibt, ohne abgestumpft zu werden, und andrerseits dass doch ein fortdauernder Druck endlich den Nerven unempfindlich macht, so muss man geneigt werden, auf die Qualität der Reizung Gewicht zu legen. Man muss vermuthen, dass es krankhafte Absonderungen oder auch Veränderungen des Bluts gibt, welche in den sensiblen Nerven eine ungewöhnliche molekulare Bewegung erzeugen.

Dauer der Reizung.

406. Ad e) Endlich erfordert es eine gewisse Zeit, bis ein auf einen Gefühlsnerven gemachter Eindruck Wirkung hervorbringt. Diese Zeit kann aber theils von den mit der Erregung und Leitung verbundenen Erregungen des Nerven selbst, theils von den Centraltheilen in Anspruch genommen werden, worüber sich zur Zeit noch keine exacte Auskunft geben lässt. — E. H. Weber fand in einem seiner Versuche, dass ein Fingerglied, ehe unerträglicher Schmerz eintrat, die folgende Zahl von Secunden eine gewisse Wärme ertragen konnte.

Temperatur.	Zeit in Secunden.
42° R.	23
47° »	9
49° »	5¼
52° »	3

Anaesthesia dolorosa.

407. Ad f) Es versteht sich von selbst, dass die Leitung zwischen der afizirten Stelle und dem Centrum nicht gestört sein darf. Wir sprechen hier nicht von der durch sichtliche Zerstörung unterbrochenen Verbindung, sondern erinnern an einen Krankheitszustand, in welchem eine Fortleitung von der Peripherie nach dem Gefühlscentrum gestört zu sein scheint, ohne dass die vom Centrum nach der Peripherie reflectirte Leitung aufgehoben ist, nämlich an die sog. Anaesthesia dolorosa. In diesem Zustande werden äussere schmerzerregende Eindrücke nicht empfunden, dagegen glaubt der Kranke in dem Theile selbst Schmerz zu fühlen. Eine Anaesthesia dolorosa zeigt sich auch bei dem Einschlafen der Finger. Es ist bekanntlich dies ein, wenn auch nicht grade sehr schmerzhaftes, doch höchst unangenehmes Gefühl in den betroffenen Theilen. Wenn man aber dieselben kratzt, so macht das keinen Schmerz. Von der Anwesenheit der eingeschlafenen Glieder hat man Bewusstsein, jedoch ist es sehr schwer, ihre nähere Form und ihr Volumen genau aufzufassen.

An diesen Zustand können die Fälle angeschlossen werden, in welchen Schmerzgefühl nicht mehr vorhanden ist, wohl aber noch die Berührung als solche wahrgenommen wird. So erzählt z. B. Vieusseux, dass er mit derselben Hand den Puls fühlen konnte, an der er keinen Schmerz wahrnahm, wenn sie gestochen oder mit den

Digitized by Google

Nägeln gekneipt wurde. [1]) — In einem solchen Falle würde man also annehmen müssen, dass die feinern und eigenthümlichen Impulse, welche auf die Nerven durch die Tastorgane gemacht würden, noch fortgeleitet werden könnten, während die stärkern Eingriffe keine moleculare Bewegung mehr veranlassen.

Vielleicht wären auch die sog. Anaesthetica, Äther und Chloroform hiehin zu rechnen, weil nach deren Einwirkung die Centraltheile wenig oder nicht affizirt zu sein scheinen. Jedoch ist dies noch nicht ausgemacht.

Sauerstoff. 408. 3) Schon oben p. 541 wurde der Einfluss des Bluts und insbesondere des Sauerstoffs auf das Gefühl hervorgehoben. Bei Beurtheilung der Modalitäten, welche das Gefühl zeigt, muss daher sowohl auf die Integrität des Athmens, als auch auf die Reinheit der umgebenden Luft, sowie auf die Vollständigkeit der Blutcirculation Rücksicht genommen werden.

B. Beziehungen der Gefühlswahrnehmung.

409. Ausser der Wahrnehmung an sich kommt noch ein zweiter wichtiger Faktor beim Gefühle hinzu, nämlich dass dasselbe auf gewisse Theile bezogen und mit Erfahrungen in Verbindung gebracht wird.

Lokalisiren des Gefühls. 410. Hiehin gehört an erster Stelle das Lokalisiren des Gefühls. Wenn ein Eindruck einen Nerven oder einen mit Nerven versehenen Theil trifft, so wird derselbe nicht nur überhaupt, sondern auch an einer bestimmten Stelle gefühlt. Man könnte zwar geneigt sein anzunehmen, dass wir ursprünglich diese Fähigkeit nicht besitzen, sondern sie erst durch Erfahrung erlernen. Wenn wir z. B. an irgend einer Körperstelle uns verletzen, etwa am Finger, so kann man sich denken, dass wir auch eine Menge von Vorstellungen durch Gesichts- und Tastsinn, gewissermassen ein Bild der Körperoberfläche in unsere Seele aufgenommen haben und dass jede Veränderung dieses Bildes an die durch die Verletzung veränderte Stelle verlegt wird. Es gehörten also bei dieser Auffassungsweise nothwendig Empfindungen und Vorstellungen dazu, um die Lokalisirung möglich zu machen. Dies ist aber nicht richtig. Wir sehen auch bei völliger Bewusstlosigkeit, selbst bei enthaupteten Thieren (s. u. Reflexbewegung) sichere Beweise, dass auch im Rumpfe solche Erscheinungen von Lokalisation möglich sind, und müssen daher schliessen, dass zu den Symptomen, welche die Einwirkungen auf Gefühlsnerven charakterisiren, auch das gehört, dass von den Centraltheilen aus instinktartig ohne Vorstellung, ohne Bewusstsein andere Körpertheile auf die

---

1) Vgl. E. H. Weber in Wagner's Handwörterb. III, b., p. 566.

Digitized by Google

affizirte Stelle hingewiesen werden, um ihr zum Zwecke des Ganzen beizustehen.

411. Ausserdem, dass die Centraltheile (Gehirn und Rückenmark) die affizirte Nervenstelle an dem bestimmten Orte markiren, tritt noch eine zweite Erscheinung dazu, dass wenn im ganzen Verlaufe eines Gefühlsnerven eine Affection Statt findet, dieselbe auf die letzten Enden des Nerven verlegt wird. Man nennt diese Erscheinung die excentrische. Wird der n. ulnaris am Arme gedrückt, was bei der oberflächlichen Lage dieses Nerven leicht möglich ist, oder stösst man sich plötzlich am Ellenbogen, wo dieser Nerve liegt, so fühlt man ein sehr unangenehmes Gefühl an der Druckstelle, zugleich aber auch in der letzten Verbindung der Ulnarzweige an dem kleinen und Ringfinger ein Prickeln und im höhern Grade das bekannte Gefühl des Einschlafens. Wir fühlen an der Druckstelle den Schmerz vermöge des Lokalisationsvermögens und an den Fingern vermöge der excentrischen Erscheinung. Verlegung an die Peripherie.

412. Es ist nicht leicht zu bestimmen, in welcher Weise man diese Übertragung sich zu denken habe. Man kann nämlich annehmen, dass wir deshalb alle Affectionen der sensiblen Nerven auf die peripherische Ausbreitung derselben beziehen, weil von Kindheit an die Hautoberfläche es war, auf welcher, wie wir aus Erfahrung wissen, in der Regel die Eindrücke stattgefunden haben. Es wäre dies ein rein psychischer Akt, der durch Gewohnheit uns zur andern Natur geworden ist. — Thatsächlich ist es, dass auch bei Rückenmarksaffectionen die Kranken das Gefühl an die Peripherie des Körpers verlegen. — Eine andere denkbare Erklärung ist die, dass sich die molekulare Bewegung wirklich bis an die Peripherie ausbreitet. Da die Leitung wahrscheinlich in allen Nerven eine doppeltsinnige ist, so kann man von theoretischer Seite auch diese Annahme gelten lassen.

413. Eine dritte Erscheinung, welche von den Beziehungen des Gefühls zu andern Functionen abhängt, ist von dem Einflusse der Vorstellungen abhängig. Durch eine ziemlich complicirte Reihe von Gefühlen stellen wir uns unseren eigenen Körper als ein aus vielen Theilen bestehendes Ganze vor. Hiezu wirken freilich die Sinne bei Gesunden sehr bedeutend mit und erleichtern die Operation, aber absolut nothwendig sind sie nicht. Dadurch, dass die Gefühlsnerven, welche einem Körpertheil, z. B. dem Fusse angehören, mit den Centraltheilen des Gefühls communiciren, erhalten wir nicht nothwendig eine Kenntniss, welche von der verschieden ist, die wir durch die Communication der Nerven der Hand mit denselben Centraltheilen erhalten. Der durch irgend einen gleichartigen Eindruck affizirte Fuss- und Handnerve bewirken ursprünglich eine ganz glei- Gefühlsbild.

Digitized by Google

che Empfindung in unserm Bewusstsein. Erst wenn gewisse Unterschiede bemerkbar gemacht werden können, kann das Bewusstsein zur Wahrnehmung derselben befähigt werden. Diese Unterschiede sind aber durch die Bewegung der Glieder gegeben. Wenn z. B. ein Fingerglied gebeugt oder gestreckt wird, dann werden gewisse Theilchen einander momentan genähert und wieder von einander entfernt, es entstehen eigenthümliche Lagen und Richtungen der Glieder, welche an andern nicht vorkommen. Dadurch bildet sich die Erinnerung eines Theiles und allmählich aller, in ihrer Begränzung, in ihrer Ausdehnungsfähigkeit, in ihrer Entfernung von andern, selbst in ihrer Grösse und ihrem ganzen Volumen. — Haarscharf ist diese Kenntniss nie und man verfehlt oft die gereizte Stelle. Wird unversehens in einen Punct der Haut eingestochen, so wird es schwer, ganz genau diesen Punct nachher zu zeigen. Jedoch kommt hier viel auf Übung an, abgesehen von den oben angegebenen Bedingungen des Gefühls.

Dieses Gefühlsbild von unserm Körper, welches in der angegebenen Weise sich gestaltet, hat seinen Sitz im Centrum. Manche eigenthümliche Erscheinungen lassen sich auf diese Weise deuten.

Integritätsgefühle der Amputirten.

414. Dahin gehören die Integritätsgefühle der Amputirten. Wird nämlich der Stumpf, z. B. des Oberschenkels eines Amputirten irgendwie erregt, gestossen, gedrückt u. s. w., so glaubt er Schmerzen in den Zehen zu fühlen, obgleich er weiss, dass er keinen Fuss mehr hat, und dieses Gefühl bleibt viele Jahre, vielleicht das ganze Leben hindurch bestehen. Nicht selten vergessen solche Menschen, dass sie keinen Fuss haben, wollen sich darauf stellen und fallen um.

Versuch mit dem unter 2 übergeschlagenen Fingern gerollten Kügelchen.

415. Ferner ist das bekannte Experiment mit dem Kügelchen zu erwähnen, welches man für doppelt hält. Wenn man nämlich den Mittelfinger so über den Zeigefinger legt, dass die Ulnarseite von jenem der Radialseite des Zeigefingers dicht anliegt und wälzt ein etwa von Teig gemachtes Kügelchen gleichzeitig mit den beiden Fingern, so erhält man das täuschende Gefühl, als wären zwei Kügelchen unter den Fingern. Die Empfindung tritt sogar schon ein, ehe man noch mit den Kügelchen rollt. Die Erklärung gibt J. Müller [1]) sehr richtig wie folgt. Bei dem Berühren einer kleinen Kugel, mit zwei natürlich neben einander liegenden Fingern fühlt man eigentlich keine Kugel, sondern zwei Convexitäten, welche die Vorstellung oder den Schluss zur Kugel ergänzt, indem die Phantasie sich vorstellt, dass zwei neben einander liegende, mit ihren Convexitäten von einander abgewandte Kugelsegmente zu einer Kugel gehören. Kreuzt man nun die Finger in der angegebenen Weise, so

1) J. Müller, Phys. I, 602. 4. Ausg.

Digitized by Google

berührt die Ulnarseite des Mittelfingers eine Convexität so, als wenn dieselbe gegen die Radialseite gerichtet wäre, der Zeigefinger hingegen so, als wenn die Convexität gegen die Ulnarseite gerichtet wäre. Daher entsteht die Vorstellung, dass zwei sich ihre Convexitäten einander entgegenstellende Bogen nur von zwei Körpern herrühren können. Die beistehende Figur erläutert dies Verhältniss, *Z* ist der Zeigefinger, *M* der übergeschlagene Mittelfinger, *K* das Kügelchen, Z^1 soll das Gefühlsbild von dem Eindrucke, den die Nerven des Zeigefingers n^1 im Gehirn machen, andeuten und M^1 den durch die Mittelfingernerven *n* hervorgebrachten.

Figur 201.

Künstliche Nasenbildung.

416. Bei Verlust der Nase wird künstlich eine neue Nase aus einem Hautlappen gebildet, welcher gewöhnlich aus der Stirn genommen, an der Nasenwurzel umgekehrt und mit dem Nasenstumpf zusammengeheilt wird. Es bleibt dabei eine Verbindungsbrücke zwischen Stirnhaut und der neuen Nase eine Zeit lang sitzen. Solange dies der Fall ist, glaubt der Kranke, wenn die angeheilte Nase berührt oder gereizt wird, die Empfindung nicht an dieser, sondern an der Stirnhaut zu haben (Lisfrank). Erst später stellt sich die richtige Lokalisation her, und zwar zuerst an den Rändern, welche mit der neuen Umgebung verwachsen sind. Gewöhnlich stellt sich die an die richtige Stelle versetzte Empfindung nach einer oder ein paar Wochen ein. Es wachsen dann aus der Umgebung neue Nerven in die Nase herein, während die alten und damit deren Empfindungen schwinden (Friedberg).[1]) Es wird hier von den Nachbartheilen der neuen Nase zuerst die Veränderung dem sensorium überbracht, und nun kann erst eine Vergleichung Statt finden zwischen den Eindrücken, welche die neuentstandenen Nervenfasern erhalten, und denen, welche schon bisher bestanden haben.

417. Das Gefühl kann Vorstellungen veranlassen, welche sich nicht mehr auf den subjectiven Körper beziehen, welcher fühlt, sondern

Täuschungen durch das Gefühl.

1) Friedberg in Virchow's Archiv. 1859. XVI, 1.

Digitized by Google

auf einwirkende Ursachen, welche erfahrungsmässig ein ähnliches Gefühl veranlassen. So kann z. B. das Gefühl von Druck die Vorstellung hervorrufen, als sei ein drückender Körper wirklich vorhanden, dem dann die Phantasie eine bestimmte Gestalt gibt. Je weniger bestimmt das Gefühl ist, desto leichter treten solche Vorstellungen hinzu. Es sind namentlich die Unterleibsorgane, deren Gefühl undeutlich ist und die zu Vorstellungen der Art Veranlassung geben. Die Verstimmungen des Gemüths, die Träume, welche so häufig Störungen in der Bewegung und in der Cirkulation des Darms begleiten, gehören hiehin.

Reflexbewegungen. Mitempfindung.

418. Durch Erregung von Gefühlsnerven entstehen sehr gewöhnlich Bewegungen, die sog. Reflexbewegungen, welche aber geeigneter in dem Abschnitte 2) über Bewegungen abgehandelt werden.

Mitempfindung oder Gefühlsirradiation nennt man ein Gefühl, welches an Stellen entsteht, deren sensible Nerven nicht direkt erregt worden sind, welches vielmehr in Folge der Erregung eines andern Gefühlsnerven hervorgerufen wird, also ein Reflex von einem Gefühlsnerven auf einen andern. Es ist das Dasein der Mitempfindungen von vielen neuern Physiologen ganz in Frage gestellt, und man muss zugeben, dass dieselben keinesfalls bei allen Gefühlsnerven nachzuweisen sind, wie es etwa bei der Reflexbewegung der Fall ist. Wenn man z. B. den leicht zugänglichen n. ulnaris drückt, so entsteht niemals ein Schmerzgefühl in dem benachbarten Nerven, z. B. den cutanei externus oder medius, oder radialis, sondern dasselbe bleibt auf Zweigen des irritirten Nerven beschränkt. — Hingegen erregt nicht selten, besonders bei reizbaren Menschen, grelles Licht, welches plötzlich in ein im Dunkeln verweilendes Auge fällt, Kitzeln in der Nase, und selbst Niessen. Ohne hier noch zu untersuchen, wovon das unangenehme, im Auge durch intensives Licht wahrgenommene Gefühl ausgeht, so ist doch sicher, dass ganz andere Gefühlsnerven den Kitzel in der Nase verursachen. — Wahrscheinlich kann auch das Gefühl an der Eichel hieher gerechnet werden, welches bei uringefüllter Blase sowie auch bei Harnsteinen entsteht. — Nicht selten begleitet Zungenschmerz das Zahnweh an derselben Seite, ohne dass die Zunge im Geringsten affizirt ist, Zahnschmerz in einem kariösen Zahn ruft oft plötzlich in dem gesunden entsprechenden der andern Seite gleichfalls Schmerz hervor, — und ähnliche Erscheinungen mehr.

Indessen ist nicht zu läugnen, dass exacte Beweise fehlen, dass ein Reflex von einem sensiblen Nerven auf einen andern durch Vermittelung der Centraltheile stattfindet, wenn es auch wahrscheinlich ist.

Digitized by Google

2) Bewegungen.

Erregung der motorischen Nerven.

419. Auf die Muskelbewegungen wirken direkt nur die motorischen Nerven. Diese können aber auf verschiedenen Wegen in die Thätigkeit versetzt werden, vermöge welcher sie zu einer solchen Anregung befähigt werden, nämlich einmal durch solche Reize, welche durch andere nicht motorische Nerven vermittelt werden, oder zweitens durch solche, welche gar nicht nervöser Natur sind. —

Erregung der motorischen Nerven durch andere Nerven.

420. Die Reizungen der ersten Art haben wieder zwei verschiedene Ursprungsstellen, nämlich erstens sind es Einwirkungen, welche in der Regel von aussen kommen, und dann auf die letzten Ausbreitungen der Gefühls- und Empfindungsnerven wirken; zweitens sind es die von verschiedenen Theilen des Gehirns ausgehenden Fasern, die ihre Erregung den motorischen Nerven übertragen. Da nun alle Nervenfasern von Ganglienzellen entspringen, so kann man auch sagen, dass von den Ganglienzellen verschiedener Gehirntheile diese Art der Einwirkung ausgeht. Nach einigen Ansichten können auch die Ganglienzellen der peripherischen Ganglien einen ähnlichen Einfluss wie die Centraltheile äussern, eine Annahme, welche jedoch bis jetzt nicht nachgewiesen ist, weshalb wir sie auch vorerst noch ausser Acht lassen und unten besonders davon handeln.

Eintheilung der Bewegungen.

421. Man nennt die erste Art von Bewegungen Reflexbewegungen, die zweite Art Bewegungen durch cerebrale Impulse.

422. Diejenigen Erregungen motorischer Nerven, welche nicht wieder von Nervenapparaten ausgehen, nennt man Reizbewegungen.

423. Zwischen beiden Abtheilungen stehen aber noch Bewegungen, von denen man noch nicht ganz sicher ist, zu welcher von beiden man sie rechnen soll, dahin gehören der Tonus, die antagonistischen und Zwangsbewegungen, sowie endlich die sog. unwillkührlichen Bewegungen. Sie sind nach meinem Dafürhalten alle den Reizbewegungen zuzuzählen.

Einfache und coordinirte Muskelbewegungen.

424. Die Muskelbewegungen können auch noch in anderer Weise eingetheilt werden, je nachdem ein einzelner Muskel oder eine ganze Gruppe von Muskeln zu einem gleichen Zwecke sich contrahirt. Man nennt jene einfache, diese coordinirte Bewegungen. Obgleich die Muskeln durch ihre Lagerung und die Gelenkverbindungen der Knochen so eingerichtet sein müssen, um ein gemeinschaftliches Ziel zu erreichen, so hat doch auf das Zustandekommen der coordinirten Bewegungen das Nervensystem den wesentlichsten Einfluss. Die Repräsentanten derselben sind die Bewegungen der Extremitäten, der Wirbelsäule, des

Digitized by Google

Nackens, des Unterkiefers, des Zungenbeins, des Gaumens, des Kehlkopfs u. s. w. — Zu den einfachen Bewegungen gehören die der Sphinkteren, des Herzens, des Darms u. s. w., sowie auch die auf einzelne Fasern beschränkten Zuckungen, und die mehr regelmässigen Contractionen, welche man in abgeschnittenen Muskeln beobachtet.

A. Reflexbewegungen.

Definition der Reflexbewegungen.

425. Man versteht darunter einfache oder coordinirte Muskelbewegungen, welche dadurch entstehen, dass sensible oder sensuelle Nerven gereizt worden sind und in Folge dieser Reizung eine Erregung der motorischen, in den betreffenden Muskelpartien verbreiteten Nerven hervorgebracht worden ist, ohne Mitwirkung von Wille und bewusstem Gefühl.

Die Reflexbewegungen wurden von M. Hall [1]) und Joh. Müller [2]) unabhängig von einander entdeckt.

Bedingung zur Entstehung von Reflexbewegungen.

426. Die nothwendige Bedingung, unter welcher Reflexbewegungen zu Stande kommen, ist die Verbindung sensibler oder sensueller Nerven mit motorischen, durch Rückenmark oder Gehirn. — Werden daher beide Organe bei einem Thiere, dessen Nerven lange nach dem Tode die Reizbarkeit behalten, wie bei einem Frosche, zerstört, so entsteht niemals durch Reizung eines sensiblen oder sensuellen Nerven die geringste Zuckung, wie man beispielsweise sieht, wenn man einem Frosche die hintern Wurzeln blossgelegt hat und dieselben vor und nach der Zerstörung des Rückenmarks reizt.

Es ist aber keineswegs nothwendig, dass die gesammten Centralnerventheile vorhanden sind, um Reflexbewegung zu erzeugen, sondern beschränkte Theile reichen vollkommen aus.

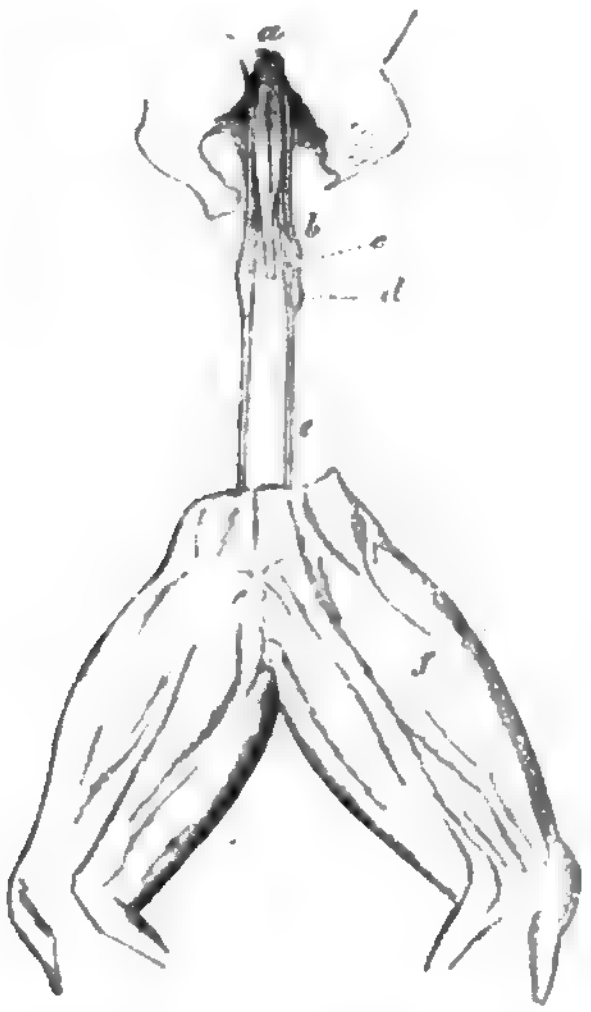
Folgender einfacher Versuch ist zu diesem Behufe, wie überhaupt zur Vorstellung der Reflexthätigkeit zweckmässig. Man schneide einem Frosche so weit den Kopf ab, dass das verlängerte Mark zugleich mitweggenommen ist, sodann öffne man die Wirbelsäule und schneide das Rückenmark etwas höher ab, als wo der Abgang einer hintern, z. B. der achten hintern Wurzel ist. Hierauf trenne man nahe dem foramen intervertebrale die hintere Wurzel *b* ab, welche mithin am Rückenmarke hängt, lege sie auf ein dünnes Glasröhrchen und galvanisire dieselbe. Hiernach entsteht Zuckung in den Schenkelmuskeln *f* Fig. 202. Die Nervenleitung in diesem Falle ist also von der gereizten Stelle der hintern Wurzel gegen und durch das Rückenmark *a* und von dem Rückenmarke in die vordere (mo-

---

1) M. Hall in Philos. Transact. 1833. Übersetzt von Kürschner. Marb. 1840.
2) J. Müller, Phys. I, 606.

torische) Wurzel *c*. Wenn an irgend einer Stelle die Leitung unterbrochen ist, so bleibt jede Wirkung aus. Wenn also z. B. die motorische Wurzel *c* durchschnitten ist, so fehlt natürlich die Zuckung, ebenso, wenn das Rückenmark *a*, welches die Verbindung zwischen der hintern *b* und vordern Wurzel *c* ausmacht, zerstört ist. — So kann auch das Gehirn ohne Rückenmark noch Reflexbewegungen veranlassen.

Fig. 202.



a Hinterer Theil eines Froschrückenmarkes; *b* eine hintere Wurzel, vor dem ganglion spinale *d* durchgeschnitten; *c* vordere Wurzel; *e* Nerve, entstanden aus den beiden Wurzeln; *f* Schenkelmuskeln.

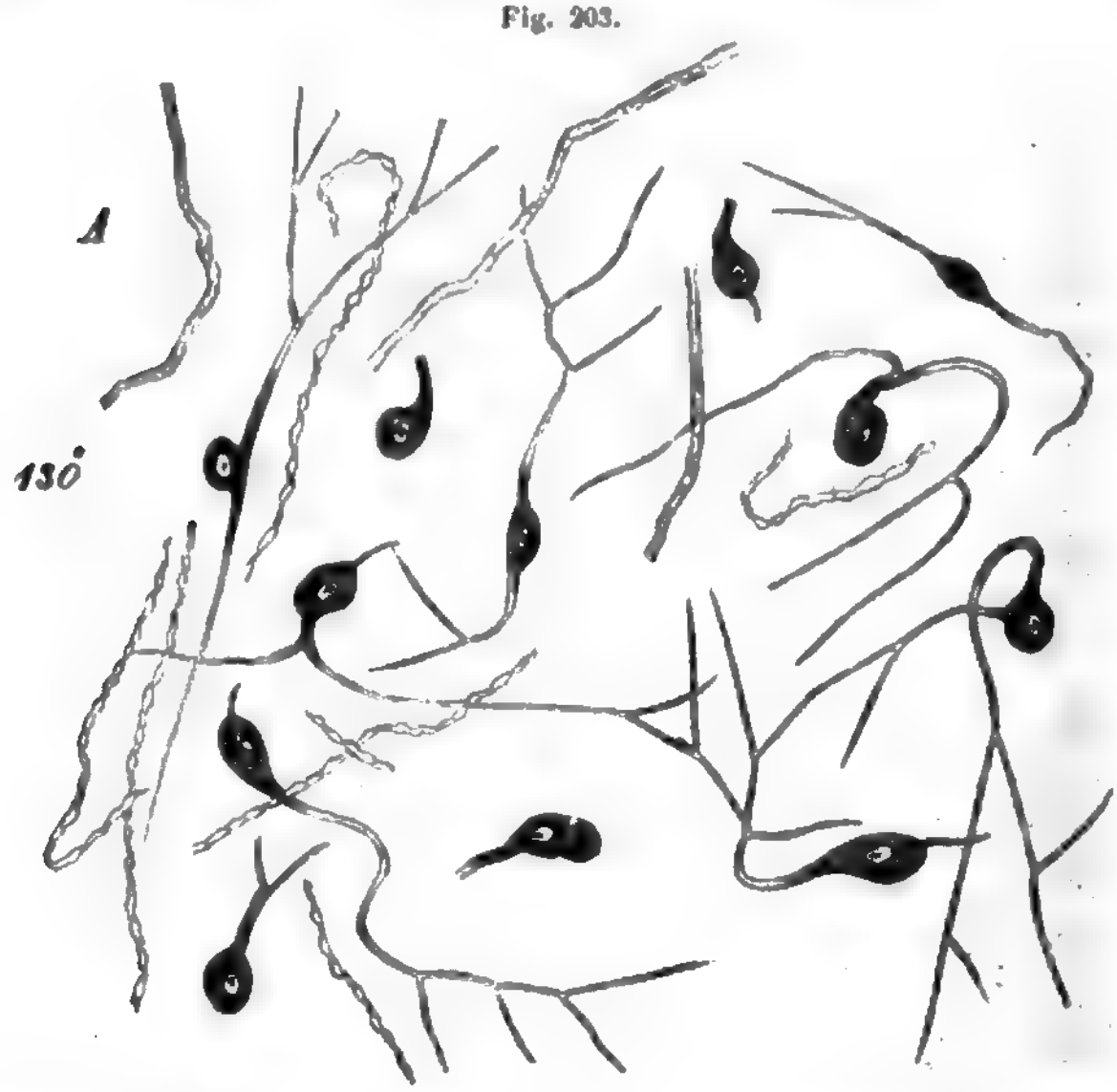
427. Obgleich in einem und demselben Nerven, z. B. dem n. ischiadicus, sensible und motorische Nerven dicht neben einander liegen und mit einander verbunden sind, so findet doch kein Übergang der Erregung Statt. Diese kann also entweder durch die Ganglienkugeln der Centralorgane, oder durch die dort neben einander liegenden Fasern vermittelt werden. Uebertragung der Erregung durch Ganglienzellen.

Es ist wahrscheinlicher, dass dies durch die Ganglienkugeln geschieht. Schon der Umstand, dass dieselben mit mehren Ausläufern verbunden sind, lässt die Hypothese sehr annehmbar erscheinen, dass diese Fasern verschiedenen Nervenarten angehören, welche sich hier vereinigen. Dazu kommt noch, dass verschiedene Ganglienkugeln auch wieder unter einander communiciren (s. Fig. 203), worauf zu-

Digitized by Google

erst R. Wagner aufmerksam gemacht hat. Diese Verbindungen können aber auch zur Erklärung anderer Reflexerscheinungen sehr gut benutzt werden. — Wichtiger indess ist es, dass wir überhaupt die Ganglienkugeln, nicht aber die Fasern als die Organe zu betrachten haben, in denen die Nervenkräfte sich entwickeln, und dass eine

Fig. 203.



Ganglienkugeln mit Anhängen, welche mit andern in Verbindung stehen, aus dem Gehirne eines Kaninchens, treu dargestellt. Man sieht einzelne wieder mehrfach getheilt. Auf dem Felde varicöse Nervenfasern.

Übertragung der Art eine solche Kraft erfordert. — Die anatomische Untersuchung des Rückenmarks hat auch gelehrt, dass die Fasern der hintern Wurzeln mit denen der vordern durch Ganglienkugeln zusammenhängen.

Querleitung. 428. Die Annahme, dass die Nervenkraft von einer Faser auf die andere in den Centraltheilen durch die Scheide sich mittheile, welche Volkmann [1]) aufgestellt und Ludwig adoptirt hat, ist dagegen weniger wahrscheinlich. Hiernach sollen zwei neben einander liegende Fasern in den Centralorganen sich erregen. Es spricht Vieles gegen diese Theorie, z. B. dass nicht auch in der Peripherie Reflex Statt findet, sondern lediglich im Centrum; dass motorische

1) Volkmann in Wagners Handwörterb. II, 528.

Digitized by Google

Nerven jedenfalls nicht leicht, vielleicht gar nicht ihre Erregung auf sensible übertragen.

Angriffspuncte der reflectirenden Kraft.

429. Die sensiblen Nerven bieten drei verschiedene Angriffspunkte der Kraft dar, welche wir die reflectirende Kraft nennen können, nämlich erstens in ihrer peripherischen Ausbreitung, zweitens in ihrem Verlaufe, drittens in ihrem centralen Ende, d. h. in dem Übergange zur Ganglienkugel.

1) Peripherische Nerven.

430. Zu Versuchen an der peripherischen Ausbreitung sensibler Nerven gebraucht man am Meisten die äussere Haut; jedoch müssen auch andere Organe benutzt werden. Es ist dabei nothwendig, die Organe, welche den Vorstellungen, dem Bewusstsein und dem bewussten Gefühle zur Unterlage dienen, auszuschliessen, weshalb man diese Versuche an geköpften Thieren macht, so dass Gehirn und verlängertes Mark weggenommen sind.

Versuche an Säugethieren.

431. Säugethiere zeigen folgende Erscheinungen. Kneipt man eine Extremität, so wird dieselbe zurückgezogen; brennt man sie mit einer Kerze, so geschieht dasselbe, zuweilen stösst das Thier mit der gebrannten oder auch der andern dagegen; soll die Bauchhöhle geöffnet werden, so windet sich das Thier und stösst oft mit dem Beine derjenigen Seite, an welcher geschnitten wird; reizt man die Geschlechtstheile, so entstehen Bewegungen, ähnlich wie bei der Begattung; werden die Hinterbeine locker zusammengebunden, so sieht man das Thier oft Bewegungen machen, als wollte es sich von der Fessel befreien; kneipt man den Schwanz bei jungen Hunden, so ziehen ihn diese ein. — Am abgeschnittenen Kopf, in welchem das verlängerte Mark noch erhalten ist, dauern die Athembewegungen fort (s. p. 92). Haben dieselben aufgehört und man reizt die Haut, so sieht man sie in einzelnen Fällen, jedoch nicht immer, von Neuem wieder eintreten. — Streicht man über die cornea, so schliesst sich das Auge.

Versuche an Fröschen.

432. Die meisten Versuche über Reflexbewegungen sind an geköpften Fröschen gemacht worden, wobei auch das verlängerte Mark mit weggenommen worden ist. Gleich nach der Decapitation sind die Thiere nicht so gut zu den Versuchen geeignet, als nach einiger Zeit, gewöhnlich schon nach einigen Minuten. Man sieht zunächst, dass der Rumpf die Beine, wenn sie gestreckt werden, anzieht, einerlei, ob das Thier auf dem Tische liegt, oder in der Luft hängt. Im letztern Falle wird sogar die Schwere überwunden, oder es zeigt sich wenigstens ein deutliches Bestreben dazu. Es ist dieselbe Stellung, welche ein Frosch im Zustande der Ruhe während des Lebens einnimmt.

In dieser Beugung der hintern Extremitäten verharrt der Frosch, bis bei nachlassender und endlich aufhörender Reizbarkeit die Theile

Digitized by Google

erschlaffen, was besonders bei aufgehängten Thieren sehr deutlich ist.

Streckt man mit Gewalt ein Bein aus, so fühlt man deutlich das Bestreben, der Ausdehnung zu widerstehen. Kneipt man eine Zehe mit der Pinzette, so zieht das Thier sie weiter zurück, bis unter den Bauch. Betupft man sie hingegen mit liqu. ammonii caustici oder Essigsäure, so zieht es zwar auch das Bein und den Fuss zurück; zugleich aber macht es Bewegungen mit demselben und selbst dem andern Fusse, welche ganz so aussehen, als wollte das Thier die Flüssigkeit abwischen. — Hält man das Bein und den Fuss fest, und betupft in gleicher Weise die Zehe, so entstehen Bewegungen, welche das Bestreben zeigen, den Fuss zu befreien, aber ausserdem neigt sich dieselbe Rumpfseite gegen das Bein hin, als ob sie dieses unterstützen wollte. —

Wenn man die Haut des Oberschenkels dicht über dem condylus internus femoris mit Essigsäure betupft, so gebraucht es nach Pflüger [1]) nur den Fuss derselben Seite zum Abwischen des Reizes. Schneidet man nun diesen ab, so macht es mit dem Stumpfe noch Bewegungen, welche zur Abwehr bestimmt scheinen, aber häufig gebraucht es noch den Fuss der andern Seite, welcher bisher noch nicht angewandt wurde, zum Abwischen. — Ich habe diesen Versuch neben andern bei einem Frosche gemacht, der, wie man dies oft sieht, einen Unterschenkel und Fuss eingebüsst hatte und bei dem sich eine Narbe an dem Stumpfe des Oberschenkels zeigte. Betupfte ich die Haut des Stumpfes mit Essigsäure, so übernahm der Fuss der gesunden Seite das Abwischen. — Es ist nicht richtig, wenn Mayer [2]) behauptet, dass der Pflüger'sche Versuch nur gelinge, wenn noch ein Theil des verlängerten Markes mit dem Rückenmarke in Verbindung stehe. Bei völliger Exstirpation von jenem sieht man den angegebenen Erfolg dennoch. — Auerbach [3]) schnitt bei einem Frosche das linke Bein ab und enthauptete denselben, betupfte dann eine Stelle der obern Hälfte der linken Rückenhaut mit Schwefelsäure. Dabei blieb zuerst das rechte ruhig. Betupfte man nun aber die rechte Seite gleichfalls, so wischte das Thier erst diese, dann die linke Seite ab.

Hingegen beobachtete neuerdings Goltz, dass auch ein nicht amputirter Frosch zuweilen das nicht gereizte Bein anwendet, um den reizenden Körper abzuwischen und dass keineswegs immer bei amputirten Thieren das andere gesunde Glied benutzt wird.

---

1) Pflüger, Die sensorischen Functionen des Rückenmarks. Berl. 1853.
2) Mayer in Prag. Vierteljahrsschrift. 1861.
3) Auerbach in Günsburg's Zeitschrift. 1856. IV, 452.

Digitized by Google

Wenn grade unterhalb des verlängerten Markes der Durchschnitt gemacht worden ist, so dass die Armnerven und der entsprechende Rückenmarkstheil noch vorhanden sind, so bewegen die vorderen Extremitäten sich so, als wäre das Bestreben da, sich nach der gereizten Stelle zu wenden; sie strecken sich nach hinten, wenn die Haut der Hinterbeine gekneipt oder mit Säure betupft wurde, oder legen sich zusammen, wenn man die Haut der Brust insultirte.

Abnahme der Bewegung bei sinkender Reizbarkeit.

433. Sowohl bei Fröschen, als bei Säugethieren nimmt die Verbreitung der Bewegungen über die Gränze der Reizung immer mehr ab, wie die Reizbarkeit geringer wird. Während also kurz nach dem Tode z. B. die Vorderextremitäten und alle Glieder der Hinterextremität sich zur Abwehr des Reizes vereinigen, wird später die Theilnahme beträchtlich geringer. Zuletzt sieht man gar keine zusammengesetzte Bewegungen, sondern diese beschränken sich nur auf einzelne Muskeln, und erscheinen endlich als blosse Zuckungen.

Reflexbewegungen durch Reizung unwillkührlicher Organe.

434. Auch von den Eingeweiden aus kann man Reflexbewegungen hervorbringen, wovon man sich bei Fröschen überzeugt. Kneipt man die Vorkammer des Herzens, so entstehen gewöhnlich mehr oder minder intensive stossende Bewegungen der Hinterbeine. Doch bleibt die Wirkung aus, wenn das verlängerte Mark exstirpirt ist. Nach mechanischer und chemischer Reizung des Magens und Dünndarms sieht man unter gleichem Verfahren denselben Erfolg. Hingegen ist das Vorhandensein des verlängerten Marks nicht mehr erforderlich, um von dem Dickdarm und der Blase, nach Valentin mitunter auch vom Dünndarm Bewegungen des Rumpfes zu erzeugen. Von Hoden sah ich bei Fröschen keine Wirkung, was Valentin und Martino jedoch beobachteten. [1]) — Die Zuckungen, welche Reizungen der Darmschleimhaut bei Kindern begleiten, möchten auch hieher zu rechnen sein.

Reflexbewegungen bei Menschen.

435. Bei Menschen kommen gleichfalls Reflexbewegungen vor, sowohl im gesunden, als auch ganz besonders im kranken Zustande. Jedoch kommt dabei in Betracht, dass die meisten der im gesunden Zustande erscheinenden Reflexbewegungen einem mehr oder weniger deutlich wahrgenommenen Gefühle folgen, wodurch die Beobachtung etwas getrübt wird. Dennoch gehören diese Fälle wirklich hiehin, wie weiter unten noch auseinandergesetzt werden soll. Berührt man mit einer Bleistiftspitze die conjunctiva der cornea oder sclerotica, so sieht man sogleich durch die Haut hindurch eine Zusam-

---

1) Vgl. Pickford in Arch. für phys. Heilkunde. 1843. p. 420. — Martino, Esperienze su movimenti riflessi etc. Napoli 1846. — Budge in Arch. f. phys. Heilkunde. 1846. p. 589. — Valentin, Lehrbuch der Phys. Braunschweig 1848. II, 2, p. 485. — Schiff, Lehrbuch der Physiol. Lahr. 1858. I, 225.

Digitized by Google

menziehung der einzelnen Partien des m. orbicularis palpebrarum (Reflex zwischen n. trigeminus und facialis). — Bei Untersuchung des Mastdarms schliesst sich der sphincter um den untersuchenden Finger (sensible und motorische Fasern aus Zweigen des n. pudendus). — Bei Berührung der Unterfläche des hintern Theils vom weichen Gaumen mit dem Finger hebt sich derselbe in die Höhe, wie beim Schlucken (p. 160) (wahrscheinlich lingualis trigemini und facialis durch das ganglion sphoenopalatinum, s. n. facialis). Geht man noch weiter nach Hinten und bis an die Schlundwand, und hält gleichzeitig die Hand an den Bauch, so fühlt man bei reizbaren Personen einen Stoss des Zwerchfells, als ersten Anstoss zum Würgen und Erbrechen (n. vagus und phrenicus). Fällt Licht auf die retina, so verengt sich die Pupille (n. opticus und oculomotorius). — Reizung der mammae bringt Contractionen des uterus hervor. [1]) Zur Beförderung der Wehen wandte Scanzoni Saugen der Brustwarzen an. (Zweige aus dem plexus cervicalis und plexus uterinus, n. sympathicus lumbaris.) — Bei Menschen, welche durch ein lokales Rückenmarksleiden vollständig gefühllos in der untern Körperhälfte sind, bringt Kratzen mit dem Nagel an der Haut einer Extremität oder des Bauches Bewegungen der Extremitätenmuskeln hervor. — Es gehören ferner hiehin das Niesen durch Kitzel der Nasenschleimhaut, das Husten durch Reizen der Kehlkopfschleimhaut, das unruhige Hin- und Herbewegen der Beine beim Kitzeln der Fusssohle, die Zusammenziehung des sphincter vesicae durch Druck des Urins auf die Blasenschleimhaut u. s. w.

2) Reflexbewegung durch Reizung des Nervenstamms.

436. Ganz anders stellen sich die Resultate heraus, wenn man anstatt der peripherischen Ausbreitung der Nerven die Stämme als Angriffspuncte der reflectorischen Kraft macht. Volkmann [2]) gibt an, dass weit verbreitete Reflexbewegungen nicht nach Reizung der Stämme zu Stande kommen. — An Fröschen stelle ich den Versuch so an, dass ich die Nerven der hintern Extremitäten, welche neben dem Steissbeine liegen, als einzige Verbindungen zwischen Vorder- und Hinterkörper lasse. Sobald man nun die Haut eines Fusses mit Säure betupft, so entstehen sogleich die bekannten, sehr zweckmässigen Bewegungen; werden hingegen die Stämme derselben Seite ebenso behandelt, so ist die Wirkung höchst unbedeutend, und von zweckmässigen, abwehrenden Bewegungen sah ich keine Spur. Kommt man nun wieder auf eine Hautstelle derselben Seite, so zieht das Thier trotzdem, dass die blossgelegten Nerven durch das Betupfen mit Säure gelitten haben, sogleich das Bein zurück und macht Be-

1) Vgl. Smith in Lancet. 1846. Nr. 10.
2) Volkmann in Wagner's Handwörterbuch. II, 543.

Digitized by Google

wegungen, als wollte es sich von der Säure befreien. — Als ich bei einem Frosche den n. ischiadicus am Oberschenkel bis zur tibia blossgelegt und alle Nachbartheile weggenommen hatte, so machte nicht nur der gereizte Fuss die zweckmässigen Bewegungen, sondern das Bein der andern Seite unterstützte es noch sehr wesentlich. Der Nerv hingegen rief nur unbedeutende Reactionen hervor. Das Ende der Nerven in der Haut muss also ganz anders affizirt werden, als der Stamm. Die hiedurch hervorgebrachte und den Centraltheilen mitgetheilte molekulare Bewegung muss verschieden von derjenigen sein, welche durch eine gleiche Einwirkung auf die Nervenfasern in ihrem Verlaufe entsteht. Eine solche eigenthümliche molekulare Bewegung muss in dem betreffenden Ganglienkörper Veranlassung zu zusammenhängenden Muskelbewegungen werden.

3) Erregung von Reflexbewegungen von den centralen Enden der sensiblen Nerven aus.

437. Der dritte Angriffspunct auf sensible Nerven kann im Centrum stattfinden. Die Möglichkeit kann nicht in Abrede gestellt werden. An dem Puncte, in welchem die sensible Faser die Ganglienzelle erreicht, muss sie noch affizirbar sein. Hier könnte sie nun von Fasern getroffen werden, welche von andern Centraltheilen zu derselben Ganglienzelle gelangen. Dies lässt sich jedoch nicht anatomisch nachweisen, indem man von den vielen Fasern, welche mit einer Ganglienkugel zusammenhängen, den weiteren Verlauf keineswegs kennt. Physiologische Thatsachen scheinen hingegen einen solchen Angriffspunct nachzuweisen. Durch Vorstellungen sieht man nämlich Bewegungen entstehen, welche nicht willkührlich sind und auch durch das Gefühl erzeugt werden können. — So würde z. B. das Zittern dahin gehören, welches bei vielen Menschen durch das Anhören gewisser unangenehmer Töne entsteht. Sie bringen zugleich ein eigenthümliches Gefühl in der Rückenhaut hervor, der jene Bewegungen folgen. — Ferner würde das Gefühl des Eckels und das Aufstossen dahin zu rechnen sein, welche durch Vorstellungen widriger Gegenstände bei reizbaren Menschen sich zeigen; so auch die Bewegung der samenführenden Gänge bei Wollüstlingen durch Vorstellungen schlüpfriger Objecte hervorgerufen, dann die Reflexbewegungen bei Strychninvergiftungen (s. u.) u. s. w. Indess ist es nicht ganz unzweifelhaft, ob diese Erklärung die richtige ist, und es sind noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Reflexbewegungen in unwillkührlich bewegten Organen.

438. Die meisten Reflexbewegungen kommen in Muskeln vor, welche dem Willen unterworfen sind. Aber sie fehlen auch nicht, wie es scheint, in den unwillkührlich bewegten Organen. Indess sind auch hierüber noch nicht genug genaue Versuche angestellt. Bekanntlich verändert sich die Athem- und Herzfrequenz durch Einflüsse auf Gefühl und Empfindung, es vermehrt sich durch Vor-

Digitized by Google

stellungen und Empfindungen die Bewegung von Darm, Blase, Geschlechtstheilen und der Gefässe.

Ich habe zuweilen bei heftigem Schmerz einen vollkommenen, momentanen Stillstand des Herzens beobachtet, also eine Wirkung, als ob der n. vagus gereizt worden wäre.

Reflexbewegung, durch die Stärke des Reizes modificirt.

439. Die vollständigste Form des Reflexes ist die coordinirte Bewegung. Es wurde aber oben schon bemerkt, dass wenn die Reizbarkeit des Nervensystems in Abnahme begriffen ist, die Combination von Muskelgruppen abnimmt und zuletzt nur ein oder wenige Muskeln sich contrahiren. Ein umgekehrter Zustand ist der, in welchem die Nerven ungewöhnlich reizbar sind, oder sehr gereizt werden. In diesem Falle kommen ebenso wenig zusammengesetzte Bewegungen zu Stande, wie bei abnehmender Nervenreizbarkeit.

Reflexbewegung bei Strychninvergiftung.

440. Das Strychnin gewährt ein vortreffliches Mittel, um starke Reizung des Rückenmarkes, zugleich verbunden mit einer beträchtlich vermehrten Reizbarkeit zu beobachten. Es lässt sich mit Sicherheit nachweisen, dass das Strychnin auf das verlängerte und Rückenmark wirkt, und weder direkt auf das Gehirn, noch auf die peripherischen Nerven. Der einfachste Versuch ist der, dass man einem Frosche das Herz ausschneidet oder unterbindet, und dann auf das blossgelegte Rückenmark einige Tropfen einer Strychninlösung auftröpfelt. Wenn das Thier reizbar genug ist, so entstehen alsbald mehr oder weniger starke Krämpfe. — Stärker und deutlicher ist jedoch die Wirkung, wenn man einem unversehrten Thiere unter die Haut oder in die Mundhöhle Strychnin (Strychnin. nitr. gr. j. in 2 dr. Wasser gelöst, davon 1—2 Tropfen) bringt. Bald entsteht ein heftiges und und unregelmässiges Athmen, die vordern Extremitäten werden steifer, das Thier erhebt sich und bekommt durchfahrende Zuckungen, welche rasch sich zum Tetanus in den Hinterbeinen steigern. Dieser tritt in Paroxismen spontan ein, vorzüglich aber, wenn irgend eine Erschütterung auch der leichtesten Art in der Nähe des Thiers oder an seinem Körper veranlasst wird. Die Hinterextremitäten sind steif gestreckt und die Muskeln zeichnen sich einzeln durch die Haut ab. — Die Vorderextremitäten hingegen sind gebeugt und über einander geschlagen. Man sieht dasselbe, wenn man einen gesunden Frosch galvanisirt, indem eine Electrode an die Hautstelle eingesetzt wird, welche dem Hinterhaupte entspricht, und die andere an das Vorderende des Steissbeins. — Oft ist eine leichte Berührung der vergifteten Thiere hinlänglich, um den Tetanus von Neuem zu erwecken, der schon aufgehört hatte. Aber noch leichter geschieht dies, wenn man auf den Tisch klopft. — Schmerz erregende Eindrücke rufen die Krämpfe nicht so leicht hervor, als Erschütterungen. Wenn man daher mit einer Pincette den Fuss fasst, so entsteht im Augenblicke

Digitized by Google

des Zusammendrückens der Pincette Starrkrampf, welcher jedoch aufhört, obwohl man zu drücken fortfährt und von Neuem eintritt, sobald man die Pincette wieder öffnet. Dies erinnert lebhaft an die Schliessungs- und Öffnungszuckung durch das Galvanisiren mit einer Kette.

Die Wirkung des Strychnins beginnt an der medulla oblongata und und schreitet gegen das Ende des Rückenmarks fort. Man überzeugt sich davon sehr leicht, wenn man etwa zwischen dem vierten und fünften Wirbel das Rückenmark durchschneidet und das Thier vergiftet. Es dauert nicht lange, so entsteht eine unruhige Bewegung in den vordern Extremitäten, und alsbald vollständiger Krampf. Der Brusttheil des Rumpfes ist zusammengezogen und oft scheinen die aufgeblasenen und gedrückten Lungen durch. Der Hintertheil des Körpers liegt ganz regungslos da, und es dauert noch eine ganze Weile, ehe auch dieser Theil die Wirkungen der Vergiftung zeigt, welche mitunter sogar ganz ausbleiben.

Durchschneidet man die Gefühlswurzeln für ein Hinterbein eines Frosches und vergiftet dann, so nimmt das gefühllose Bein zwar Theil an den krankhaften Bewegungen, welche den übrigen Körper ergreifen, aber diese sind nicht so stark. Während das unverletzte Bein hart und steif daliegt, nachdem man auf den Tisch geklopft hat, sieht man das andere nicht vollständig gestreckt, sondern einzelne Muskeln zittern mehr oder weniger, und nur bei der grössten Intensität des Tetanus auf der unverletzten Seite stellt sich auch hier ein solcher ein, der jedoch schneller vorübergeht. — Die reizende Wirkung, welche das Strychnin auf das Rückenmark ausübt, ist also nur zum Theil auf die motorischen Nerven direkt gerichtet, theilweise hingegen sind die Erscheinungen als ein in hohem Grade gesteigerter Reflex zu betrachten. —

Es ist nicht auffallend, dass vergiftete Thiere, deren Haut man mit Essigsäure betupft, sich nicht diese wieder abwischen, wie es bei der einfachen Reflexerscheinung der Fall ist. Der Tetanus hindert dies.

An Gliedern, deren motorische Wurzeln durchschnitten sind, tritt der Tetanus nicht ein, zum Beweise, dass das Gift nicht auf die peripherischen Nerven direkt, sondern durch Vermittelung des Rückenmarks auf dieselben wirkt.

Bei Reflexbewegungen fehlt das Gleichgewicht zwischen beiden Seiten.

441. Bei allen Bewegungen, so zweckmässig sie auch erscheinen, und so vollkommen ähnlich denen von unversehrten Thieren ausgeführten sie aussehen, fehlt immer eine Erscheinung, nämlich das Gleichgewicht. Es kommt keine Bewegung bei Thieren, denen Gehirn mit Einschluss des verlängerten Marks weggenommen ist, mehr zu Stande, bei welcher eine Harmonie zwischen Rechts und Links, Vorn

Digitized by

und Hinten gefordert wird. Enthauptete Thiere können weder gehen, noch stehen, noch springen, noch fliegen, und alle Mittheilungen, in welchen Bewegungen der Art beobachtet sein sollen, beruhen auf Irrthümern und Missverständnissen. Hingegen können Frösche sehr wohl springen, denen man grosses Gehirn nebst Vierhügel exstirpirt hat, wenn nur noch das kleine Gehirn und das verlängerte Mark besteht.

Auch sieht man bei geköpften Säugethieren wohl Bewegungen zur Abwehr, aber keine Bewegungen zum Angriff. So z. B. wird man wohl beobachten, dass eine geköpfte Katze kratzt, wenn man sie kneipt, wie eine gesunde, welcher die Augen zugebunden sind.

Zweckmässigkeit der Reflexbewegungen.

442. Aus der Beschreibung der Reflexbewegungen geht hervor, dass durch dieselben ein gewisser Nutzeffect erreicht wird, was besonders bei geköpften Thieren sich zeigt. Die Reflexbewegung als solche schliesst nicht nothwendig diesen Begriff mit ein. Es ist vielmehr deutlich, dass in diesen Fällen eine Verbreitung der Erregung Statt hat. Wenn wir uns in anatomischer Weise diese Erscheinung zurechtzulegen suchen, so sind wir wieder auf die Ganglienzellen verwiesen. Es ist nicht wahrscheinlich, dass jede Nervenfaser auch durch eine Ganglienzelle repräsentirt ist. Darauf deutet schon die verhältnissmässig viel geringere Menge, mehr jedoch noch, dass die aus ihr hervorgehenden Fasern sich vielfach theilen. Viel ansprechender ist die Hypothese, dass jedem Muskel, der isolirt zu bewegen ist, auch eine Ganglienzelle entspricht, welche theils zu diesem hin ihre motorischen Fasern sendet, theils sensible, theils cerebrale, theils endlich Fasern aufnimmt, welche die Verbindung mit andern Ganglienzellen derselben Natur herstellen. So kann man sich vorstellen, dass die Mittheilung von einer Zelle zu einer zweiten, dritten, zu einem ganzen, eine Muskelgruppe repräsentirenden Complexe derselben unter günstigen Umständen grösser, unter andern geringer sein kann.

Um uns über die Zweckmässigkeit der Reflexbewegungen klare Anschauung zu verschaffen, ist es nothwendig, auf deren Verhältniss zu den willkührlichen Bewegungen, überhaupt auf das Verhältniss der cerebralen Einflüsse Bezug zu nehmen.

Verhältniss der Reflexbewegungen zu willkührlichen.

443. Der Organismus ist so zweckmässig eingerichtet, dass mit der Empfindung von Lust Bewegungen sich verbinden, welche die Lust zu befriedigen suchen, und umgekehrt mit dem Gefühle von Unlust abwehrende Bewegungen. — Diese sog. Affecte können nun entweder in Folge einer einfachen Sinneswahrnehmung, oder eines Gefühls, oder einer Vorstellung erzeugt werden.

Wenn der Affect, d. h. die Empfindung von Lust und Unlust in seiner wahren Bedeutung vorhanden ist, so ist das Gefühl mit Be-

Digitized by Google

wusstsein verbunden, eine wirkliche Wahrnehmung, und ebenso sind die Bewegungen bewusste, willkührliche Bewegungen.

Wir können jedoch in Gedanken das Affizirtwerden der Nerven und das eigentliche Fühlen dieser Affection trennen. Das erstere ist gewissermassen ein unbewusstes Gefühl. Da aber mit dem Worte Gefühl dem Sprachgebrauch gemäss die Verbindung von Bewusstsein ausgedrückt wird, so ist es passender, wenn wir Affectionen von Lust und Unlust, und Gefühle oder Empfindungen von Lust und Unlust von einander unterscheiden. Dort fehlt die Einwirkung des Bewusstseins (wie z. B. bei schmerzerregenden Eindrücken die Wahrnehmung des Schmerzes), hier ist sie vorhanden. In beiden Fällen erscheinen aber in Übereinstimmung mit den zweckmässigen Einrichtungen des Organismus, Bewegungen zur Erhaltung desselben, welche in dem Falle, dass bewusste Gefühle oder Empfindungen vorausgegangen sind, willkührliche genannt werden. Zwischen der Affection von Lust oder Unlust und der darauf folgenden Bewegung, ist eine untrennbare Verbindung, einerlei, ob das Bewusstsein dabei thätig ist, oder nicht. Man hat bei Kranken beobachtet, dass sie, obwohl bei voller Besinnung, doch an manchen Körperstellen ohne das geringste Gefühl sind. Man kann Nadeln tief in die Haut stossen, ohne dass sie Schmerz haben, und doch entstehen unbewusst Bewegungen, welche den Anschein von Abwehr haben; sie sehen aus wie willkührliche, und sind es nicht.

Diese Bewegungen sind eben die Reflexbewegungen. Der Mangel des Bewusstseins trennt sie von den willkührlichen. Die Einflüsse, durch welche sie hervorgerufen werden, wirken auf die sensiblen Nerven, aber sie erzeugen nicht Schmerz, d. h. das Bewusstsein hat nicht nothwendig Antheil daran.

Es gibt nun, wie oben aus einander gesetzt worden ist, bestimmte Nervenorgane, ohne welche das Bewusstsein nicht möglich ist. Wenn also eine Reflexerscheinung mit Bewusstsein sich verbindet, d. h. wenn die Affection von Lust oder Unlust zur Wahrnehmung, zum wirklichen Gefühle und die Bewegung zur willkührlichen wird, so muss eine Einwirkung jener Organe auf diejenigen Statt finden, welche schon für sich zur Reflexthätigkeit geeignet sind. Diese Art der Einwirkung oder die Faserverbindung zwischen den Bewusstsein vermittelnden Nervenorganen und denen, welche bloss dem Reflexe dienen, ist bis jetzt noch nicht hinlänglich bekannt. Wir müssen sie aber durch Ganglienzellen vermittelt denken.

Excitomotorische und reflexmotorische Fasern.

444. Es ist höchst unwahrscheinlich, dass diejenigen Nerven, deren Erregung (excitomotorische) eine Reflexbewegung (reflexmotorische) zur Folge hat, verschieden sind von denjenigen, deren Erregung eine willkührliche Bewegung veranlasst. Eine solche

Digitized by Google

Nerventrennung hat M. Hall [1]) einstens angenommen, und ist in neuerer Zeit von R. Wagner [2]) und Funke wieder adoptirt worden. Die grosse Ähnlichkeit, ja die vollkommene Identität von willkührlichen und Reflexbewegungen in ihrer Ausführung, spricht wenig für eine solche Annahme. So z. B. kann eine Schluckbewegung reflectorisch durch einen Bissen und willkührlich, ohne dass ein Bissen vorhanden ist, zu Stande kommen. Es ist nicht wahrscheinlich, dass ein Bissen, welcher hinten in den Rachen kommt, dort die sensiblen Nerven reizt, und dadurch zu einer Erregung der motorischen, die Schlundmuskeln beherrschenden, Nerven wird, auf andere Nervenfasern wirken soll, als der Wille, welcher genau dieselben Muskeln gleichfalls durch Vermittlung des Nerven in Anspruch nimmt. So wissen wir, dass wenn die Blase mit Urin sich füllt, der sphincter sich reflectorisch schliesst; wenn der Urin aber noch einen stärkern Druck übt, so unterstützt der Wille die reflectorische Kraft und die Contraction vermehrt sich. Auch hier ist es nicht annehmbar, dass die Contraction eines Muskels bis zu einem gewissen Grade durch einen andern Nervencomplex angeregt wird, als die gleiche, nur verstärkte Contraction desselben Muskels. Es kommt sogar bei demselben Menschen vor, dass er an einem Tage willkührlich vermehrte Schliessung des sphincter nicht bedarf, die er an einem andern Tage, wo das Nervensystem reizbar ist, nöthig hatte. Solcher Beispiele gibt es viele, welche alle zu der Vermuthung führen, dass es nicht zwei verschiedene Fasersysteme gibt. — Nach meiner Anschauung ist vielmehr eine jede willkührliche Bewegung immer nur eine Reflexbewegung, welche anstatt durch äussere Reize, durch die bewusste Willenserregung hervorgerufen wird. Das Band zwischen einer jeden Reflexerregung (oder, wie wir sie oben nannten; einer Affection von Lust und Unlust) und zwischen der dazu gehörenden Bewegung, ist ein festes, unlösbares. Wie der bestimmte Ton dem Anschlagen einer bestimmten Taste folgt, so stehen diese beiden Glieder in einer nothwendigen, stets gleichbleibenden Verbindung. Man kann zwar künstlich durch Reizmittel diese Nervenfasern anschlagen und auf diese Weise eine Reflexbewegung erzeugen, aber mit der grössten Promptheit und Fertigkeit vermag es nur der bewusste Wille. Ihn haben wir als ein

---

1) M. Hall, Abh. über das Nervens., übers. von Kürschner. Marburg 1840. — M. Hall, On the diseases and the derangements of the nerv. Syst. London 1841. Übers. von Wallach. Leipzig 1842. — M. Hall, Neue Unters. über das Nervens. Übers. von A. Winter. Leipzig 1844. — Ferner vgl. Grainger, Obs. on the struct. and the funct. of the spin. cord. London 1837. — Brückner, Beiträge zur Hall'schen Lehre. Giessen 1843.

2) R. Wagner, Neurol. Unters. Göttingen 1854.

Digitized by Google

inneres Erregungsmittel zu betrachten. Er offenbart seine Thätigkeit theils dadurch, dass er mit unglaublicher Schnelligkeit bald das eine, bald das andere Erregungsterrain betritt, theils dadurch, dass er, der stärkere Reiz, einen schwächern andern verdeckt und die dem letztern entsprechende Bewegung nicht zur Erscheinung kommen lässt. So vermögen wir z. B. das Auge offen zu halten, obgleich ein fremder Körper der cornea sich nähert, und eigentliche Reflexbewegung entstehen müsste. Aber der stärker wirkende Wille lähmt momentan die Zweige des n. facialis, welche den Augenlidschliesser beherrschen.

Einfluss der aufgehobenen Gehirnthätigkeiten auf die Reflexbewegungen.

445. So lange das Bewusstsein und die Organe, durch die es sich äussern kann, in gutem Zustande sind, so lange durch das Gedächtniss die Folgen einer jeden Reflexerregung bekannt sind und bei allen Gelegenheiten hervorgerufen und zur Anschauung gebracht werden können, so lange, mit einem Worte, Überlegung vorhanden ist, haben die Reflexbewegungen kein freies Spiel. Denn der Wille wechselt bei der Mannichfaltigkeit stets neuer Vorstellungen die Nerventasten der Reflexerregung, und damit auch die Bewegungen.

Ist das Gehirn zerstört oder sonst wie unthätig gemacht, so hört die Einwirkung des Bewusstseins auf die Reflexerregung auf. Es geht jede ihren Weg, ohne dass sie gestört wird. Der äusserlich angewandte Reiz ist der einzig vorhandene. Die Reflexbewegung muss daher stärker hervortreten, nachdem das Gehirn unwirksam geworden ist. — Die Beobachtung hat auch wirklich gelehrt, dass nach Wegnahme des Gehirns und verlängerten Marks bei Thieren die Reflexbewegungen zunehmen. Wenn jedoch Säugethiere, denen das Rückenmark durchgeschnitten ist, am Leben bleiben, so nehmen allmählich die Reflexbewegungen ab, ohne dass das Rückenmark versehrt ist.

Wenn man Fröschen den Kopf abschneidet, so dass auch das verlängerte Mark mit weggenommen ist und das Thier keine willkührliche Bewegung mehr auszuführen vermag, so treten die Reflexbewegungen stärker hervor, als während des unverletzten Zustandes.

Übereinstimmend damit findet sich während des Schlafes und bei Lähmungen, welche vom Gehirne ausgehen, die Reflexthätigkeit gesteigert. Ich habe bei Thieren, denen ich absichtlich einen Gehirntheil verletzte, gesehen, dass sie ausserordentlich geneigt zu Reflexbewegungen wurden. So z. B. brauchte man in einem Falle, in welchem durch einen Stich ein Theil des kleinen Gehirns und der Brücke bei einem Kaninchen verletzt war, nur den Fuss in die Höhe zu heben und wieder fallen zu lassen, so entstanden abwehrende Bewegungen mit den Extremitäten und selbst Starrkrämpfe. In einem andern Falle, in welchem bei einem Kaninchen ein Stich von $1^1/_2$‴

Digitized by Google

Länge durch die ganze rechte Hemisphäre des kleinen Gehirns gedrungen war und an der Gränze zwischen pedunculus cerebri und pons zum Vorschein kam, brauchte ich nur mit der Faust auf den Tisch zu klopfen, auf welchem das kranke Thier lag, so entstanden regelmässige Bewegungen der Extremitäten, so wie Zittern und Convulsionen.

Sensorium im Rückenmarke.

446. Die grosse Zweckmässigkeit der Bewegungen bei enthaupteten Thieren hat zur Annahme [1]) Veranlassung gegeben, im Rückenmarke habe ein sensorium, wie im Gehirn seinen Sitz, und man hat deshalb eine Rückenmarksseele statuirt (Pflüger, Auerbach). Dies hat zu vielen Streitigkeiten geführt. — Man muss bei dieser Untersuchung vor allem einen Unterschied machen zwischen den psychischen Functionen eines Frosches und eines Säugethieres, oder gar des Menschen.

Sensorium bei Fröschen.

447. Man kann einem Frosche das ganze Gehirn wegnehmen, ohne auf die Dauer zu bemerken, dass er an seinen Willensäusserungen und an dem geringen Kreise seiner Vorstellungen Abbruch gelitten hätte. Es müssen also nothwendig die willkührlichen Bewegungen des Frosches nicht von den Theilen abhängen, welche bei warmblütigen Thieren dieselben beherrschen. Denn bei diesen sind die Lappen des grossen Gehirns zur Ausführung von Willensacten absolut erforderlich. Ein Frosch hüpft aber noch ungestört fort, scheinbar wenigstens von seinem Willen fortgetrieben, wenn bis auf das kleine Gehirn die übrigen Gehirntheile exstirpirt sind. Wird nun auch noch kleines Gehirn und verlängertes Mark weggenommen, so fällt der grösste Theil der selbständigen Bewegungen, d. h. derjenigen, welche ohne eine sichtliche äussere Einwirkung zu Stande kommen, fort, — aber noch nicht alle, denn der geköpfte Frosch zieht seine Beine zurück. Wir müssen also schliessen, dass die innere wirkende Kraft, welche diese, den Schein des Willens an sich tragenden Bewegungen veranlasst, theilweise im Gehirn, theilweise im verlängerten Marke, theilweise im Rückenmarke sich zu entwickeln vermag.

Der Schein willkührlicher Bewegungen ist aber noch nicht ausreichend, um die Erscheinung als eine vom Willen bedingte anzuerkennen. Denn es gehört ferner dazu, aus zwei Vorstellungsreihen welche die Seele neben einander stellt, die eine heraus zu wählen. Der Trieb, welchen die Seele dabei äussert, der einen von diesen beiden den Vorzug zu geben, wandelt den psychischen Akt des Entschlusses in einen körperlichen, cerebralen um. — Ob aber dieser

1) Vgl. Pflüger, Sensor. Funct. des Rückenm. Berlin 1853. — Auerbach in Günsburg's med. Zeitschr. Breslau 1856. IV, 452. — Lotze in Göttinger gel. Anzeigen. 1853. p. 1739. — R. Wagner in Nachrichten der Göttinger Universität. 1860. 7, 12, 16. Goltz in Königsb. med. Jahrb. 1860. II, 189.

Digitized by Google

Trieb, welcher der Wahl zu Grunde liegt, wirklich vorhanden sei, oder ob die hervortretenden zweckmässigen Bewegungen einem andern Princip ihren Ursprung verdanken, ist nicht leicht zu entscheiden. Man kann von den instinktförmigen Bewegungen, welche in ihrer Erscheinung noch ungleich ähnlicher den willkührlichen sind, als diejenigen, welche hier in Betracht kommen, dennoch nicht sagen, dass sie aus einer Wahl hervorgegangen seien. Dies kann man selbst dann nicht, wenn man auch statuirt, dass den instinktartigen Bewegungen eine gewisse Vorstellungsreihe zu Grunde liegt. Denn grade bei ihnen fehlt ein Kennzeichen, welches allen willkührlichen Bewegungen den Stempel aufdrückt, nämlich die Möglichkeit, dieselbe auch unterlassen zu können. — Zu einer Wahl ist die Theilnahme des Gedächtnisses erforderlich; eben sowohl bei Thieren, als bei Menschen, bei denen noch durch das Bewusstsein aus der blossen Erinnerung eine Erfahrung wird. Wir behaupten nicht zuviel, dass eine dem wahren Wortsinne nach zu benennende willkührliche Bewegung ohne Gedächtniss nicht zu Stande kommen kann, und dieses nicht ohne Sinneswahrnehmungen.

Man kann nun fragen, ob die Bewegungen, welche geköpfte Frösche zeigen, mit Wahl und Überlegung geschehen, oder ob sie nur die Wirkung eines kunstvoll eingerichteten Mechanismus sind. Namentlich sind die Erfahrungen, welche Pflüger u. A. gemacht haben, für die Annahme der ersten Meinung zur Geltung gekommen, weil man davon ausging, dass eine mechanisch angelegte Vorrichtung immer ganz und gar dieselben Wirkungen zeigen müsste. Nun aber benutzt ein Frosch, dem ein Bein fehlt, auch noch das andere, um denselben Zweck zu erreichen, während er unter gewöhnlichen Umständen dies nie gebraucht, sondern nur das Bein derselben Seite. — Aber einmal ist das Resultat deshalb nicht entscheidend, weil auch bei geköpften Fröschen, die beide Beine noch besitzen, nicht ausnahmslos das entsprechende, sondern auch mitunter das andere Bein das Abwischen an der von Pflüger bezeichneten Stelle übernimmt.[1]) Aber abgesehen davon, verträgt es sich sehr gut mit dem Begriffe eines kunstvollen Mechanismus, dass gegen ausserordentliche Einwirkungen auch ausserordentliche Massregeln vorgesorgt sind. Der anhaltende, durch eine Säure hervorgebrachte Reiz, ist verschieden von demjenigen, welchen der Druck einer Pincette hervorbringt. Dies sieht man recht deutlich, wenn man als Reizmittel eine verdünnte und eine concentrirte (Essig-) Säure anwendet. Betupft man mit jener z. B. die Haut des linken Oberschenkels, so sieht man je nach der Verdünnung bloss

1) Man vgl. besonders Goltz in Königsberger medizinische Jahrbücher. 1860. II, 189.

Digitized by Google

eine Contraction der Oberschenkelmuskeln, oder dabei ein Anziehen des Unterschenkels, oder auch noch des Fusses, oder endlich ein Abwischen. Oft kommt dies erst nach einer Minute und längerer Zeit. Je nach der Verstärkung der Säure werden aber nicht nur die Bewegungen derselben Seite stärker, sondern es nimmt auch die Vorderextremität, die Hinter- und die Vorderextremität der andern Seite daran Theil. — Es ist nun auch nicht auffallend, wenn das Bein, welches gewöhnlich nicht mit hilft, dann auch thätig wird, wenn das andere Bein fehlt und also der Reiz länger fortdauert und daher die Verbreitung des Erregungsbezirks im Rückenmarke immer grösser wird. — Es ist also, wie mir scheint, nicht nothwendig, eine aus einer Verkettung von Vorstellungen hervorgehende Überlegung anzunehmen, welche zwischen zwei oder mehr gegebenen ungleichen Fällen wählt. Es ist vielmehr vollkommen zulässig, die überall in der Natur hervortretende, besonders aber in der organischen Welt sich kund gebende wundervolle Zweckmässigkeit in der mechanischen Anlage der Theile zu statuiren, ohne ein geistiges Prinzip als wirkend anzunehmen, was wir als Seele bezeichnen.

Sensorium bei Menschen.

448. Was nun die Reflexbewegungen bei Menschen betrifft, so sind dieselben nicht von Erscheinungen begleitet, welche auf Bewusstsein und Wille deuten.

In Betreff des Schmerzgefühles haben wir oben (p. 692) das Subjective des Schmerzes von den ihn begleitenden Bewegungen geschieden. Wenn wir nun dem Rückenmarke Gefühl zutheilen, so können wir nur damit meinen, dass ihm ausser der Fähigkeit, Bewegungen hervorzubringen, auch das subjective Gefühl zukomme. Die an Menschen gemachten Beobachtungen haben nun gelehrt, dass jeder Theil, welcher nicht mehr durch Nervenmasse mit dem verlängerten Marke in Verbindung steht, gefühllos ist. Sobald das Rückenmark an einer Stelle zerstört oder leitungsunfähig geworden ist, fühlen Kranke, wenn sie auch vollkommen bewusst sind, Nichts, auch wenn die schmerzhaftesten Erregungen angewandt werden. Man hat freilich diesen Beweis als ungültig bezeichnet, weil bei Trennung des Rückenmarks vom Gehirn dasjenige „Ich“, welches die Frage nach Schmerz hört und verneinend beantwortet, Nichts empfunden habe, da ja das Rückenmark, in dessen Gebiet der schmerzerregende Eindruck fiel, nicht mehr in Communication mit dem Gehirn steht. Daraus gehe aber nicht hervor, dass das Rückenmark keine Empfindung habe. — Diese Deduction scheint mir sehr unglücklich und spitzfindig. Das Wesentliche des Gefühls ist immer das Subjective. Es wird Niemanden einfallen zu behaupten, er habe keinen Schmerz, sobald er ihn wirklich fühlt, wenn auch kein Muskel am ganzen Leibe sich rührt. Solange wir also kein objectives, ganz bestimmtes

Digitized by Google

Merkmal für das Gefühl haben, steht ohne Zweifel die wahrhafte Aussage eines mit klarem Bewusstsein begabten Menschen oben an. Diese Aussage gilt mehr als jede Bewegung. Daher gebe ich auf gut beobachtete Krankheitsfälle ausserordentlich viel. Diese Beobachtungen haben aber, wie schon erwähnt, gelehrt, dass zur Wahrnehmung des Gefühls das verlängerte Mark erforderlich ist. Es scheint mir daher eine höchst unfruchtbare Art des Raisonnements zu sein, wenn man zugibt, dass das subjective Gefühl nur allein durch das Bewusstwerden zur Erkenntniss kommt, und doch sein Dasein für möglich hält, ohne dessen bewusst zu werden. Nach unserer Auffassung hat derjenige kein subjectives Gefühl mehr, bei welchem der Theil, an dem der Sitz des Bewusstwerdens von Gefühl ist, nämlich das verlängerte Mark, nicht mehr in Verbindung steht mit einer Körperstelle, auf welche eine Gefühl erregende Einwirkung Statt gefunden hat. Denn es ist keine Möglichkeit bis jetzt vorhanden, dasselbe zu erkennen.

Ich behaupte daher, dass derjenige Zustand, den wir mit dem Namen Schmerzgefühl bezeichnen, nach allen bis jetzt sicher gestellten Beobachtungen, im Rückenmarke seinen Sitz nicht hat. Wenn dies aber richtig ist, so können die aus diesem Gefühle hervorgehenden Folgen auch nicht im Rückenmarke existiren. Zu diesen Folgen gehört aber die freie Wahl. — Jede willkührliche Handlung reiht sich an Gefühle oder die Empfindung von Lust und Unlust und die daraus hervorgehenden Vorstellungen. Der Wille äussert sich niemals, ohne dass ein Gefühl oder eine Empfindung der Art vorausgegangen wäre. Wenn also erwiesen ist, dass im Rückenmarke kein Gefühl seinen Sitz hat, so fällt von selbst die Pflüger'sche Behauptung, dass das Rückenmark willkührliche Bewegungen veranlassen könne.

B. Instinctartige Bewegungen.

449. Sie gehen wahrscheinlich von dem Gefühle und der Empfindung von Lust und Unlust aus, welche wieder zweckmässige Bewegungen hervorrufen. Sie schliessen sich zunächst den Reflexbewegungen an, sind stets zusammengesetzte Ortsbewegungen, von grosser Zweckmässigkeit, sie haben das Ansehen, als ob bewusste Vorstellungen ihnen zu Grunde liegen, ohne dass Wahrnehmung, Übung, Erfahrung, Gedächtniss in Wirklichkeit dazu beitragen konnten, sie hervorzurufen. Bewusste Gefühle scheinen bei den instinctartigen Bewegungen nicht zu fehlen. Wenn ein Hühnchen, welches aus dem Ei kriecht, alsbald vollständige Bewegungen zum Stehen, Gehen und zur Aufnahme der Nahrung zu machen versteht, so müssen wir vor-

Digitized by Google

aussetzen, dass ihm die Unbehaglichkeit der Lage, in der es geboren wurde, bewusst wird, und dieses bewusste Gefühl treibt die durch eine unbekannte organische Brücke damit verbundene Reihe von Bewegungen an. — Der blindgeborene Hund fühlt das Nahrungsbedürfniss und riecht die Zitze seiner Mutter (s. n. olfactorius), diesem Gefühle und dieser Empfindung folgt die nöthige Bewegung. — Wenn die Organe weggenommen werden, durch welche das Bewusstsein vermittelt wird, hören die instinctartigen Bewegungen auf.

C. Willkührliche Bewegungen.

450. Der Wille hat seinen letzten Ursprung in den Gefühlen und Empfindungen. Denken wir uns zuerst die Nerven und Organe, welche für Gefühl und Empfindung bestimmt sind, ohne von dem Bewusstsein beeinflusst zu sein, so haben ihre Erregungen die oben beschriebenen Reflexbewegungen zur Folge. Wir haben diese bewusstlosen Gefühle und Empfindungen Affectionen von Lust und Unlust genannt. Im verlängerten Marke und in gewissen Gehirntheilen kommt aber noch eine andere Eigenschaft dazu, durch welche die sensiblen und sensuellen Nerven mit bewusstem Gefühl und bewusster Empfindung behaftet werden. — Schon der reflectirenden Kraft ist die Eigenthümlichkeit eigen, zu lokalisiren, d. h. die zweckmässigen Bewegungen werden auch am passenden Orte angebracht. Dies Lokalisiren ist von einigen Gelehrten bloss als Eigenthümlichkeit des Bewusstseins hingestellt worden, jedoch mit Unrecht, da dasselbe auch der reflectirenden Kraft zukommt. Dem Bewusstsein gehört zunächst nur das Subjective im Fühlen und Empfinden an, was Jeder kennt, was sich aber wegen seiner reinen Subjectivität nicht beschreiben lässt. Dieses Subjective ist die erste Veranlassung zum Bewusstsein, zur Trennung des eigenen Ich's von der Aussenwelt, sowie hienach zur Erkenntniss einer Aussenwelt überhaupt. Denn diese wird erst dadurch erkannt, dass wir uns begränzt fühlen, als einen eigenen, selbständigen Körper.

Die Gefühle und Empfindungen haben das Vermögen, sich zu reproduciren, mit Hülfe des Gedächtnisses entstehen aus den Gefühlen und Empfindungen die Vorstellungen.

Aus den Vorstellungen entwickelt sich eine neue Seelenthätigkeit, so eng an sie gekettet, wie die Reflexbewegung an die Reflexerregung, eine nach aussen wirkende Kraft, der Wille, in der That der stete Reflex der Vorstellungen. Aber damit ist natürlich nicht gesagt, dass auf jede Willensvorstellung auch die Realisirung des Gewollten folgen müsse. Wir können z. B. die Willensvorstellung, den Entschluss haben, den gelähmten Arm aufzuheben, aber der wirkliche

Digitized by Google

Übergang vom Streben zur Ausführung kann aus verschiedenen Gründen ausbleiben.

Empfindung, Bewusstsein, Vorstellung, Wille sind Glieder einer Kette. Sie haben sämmtlich in dem Theile des Nervensystems, welcher bei Menschen vom Schädel umschlossen ist, ihren körperlichen Sitz.

Functionen der Gehirntheile.

451. Da Vieles in dieser Beziehung noch nicht aufgeklärt ist, so erscheint es am geeignetsten, zusammenzustellen, was Versuch und Beobachtung über die Function der einzelnen Gehirntheile gelehrt haben. Die wichtigsten Versuche über die Function des grossen und kleinen Gehirns, sowie der Vierhügel verdankt man Flourens. Sie sind durch zahlreiche Beobachtungen anderer Forscher noch ausgedehnt worden. Ich habe gleichfalls früher und neuerdings eine grössere Anzahl von Versuchen dieser Art angestellt. — Sie bezwecken hauptsächlich, nachdem die einzelnen Gehirntheile verletzt und weggenommen werden, aus dem Verluste gewisser Functionen auf deren normales Bestehen zu schliessen. Die Schwierigkeit dieser Versuche besteht wesentlich in drei Puncten: 1) in der starken Blutung, 2) in der versteckten Lage mancher Theile, 3) darin, dass grade die psychischen Thätigkeiten verändert sind, über welche wir bei Thieren keine directe Auskunft erhalten.

Was die Blutung anlangt, so sind namentlich die sinus transversi die gefährlichsten Stellen. Man kann zwar die Blutung sehr vermindern, wenn man die beiden a. carotides und v. jugulares externae unterbindet, aber dann sind durch den Blutmangel die Resultate nicht mehr rein. Mitunter hilft aber auch dies nicht. Man muss dann mit blutstillenden Mitteln aushelfen. Die Individualität der Thiere ist von grossem Einflusse. Ich habe Kaninchen vor mir gehabt, besonders gut gefütterte, bei welchen das Blut so rasch gerann und nach Auflegen von Feuerschwamm der Blutfluss so bald aufhörte, dass das Thier wenig geschwächt wurde.

Einen grossen Vortheil gewährt es, bei Gehirnversuchen mit einem mit einer Millimetertheilung versehenen Messer Stiche zu machen. Zu dem Behufe merkt man sich an einem todten Kaninchen die Stelle am Knochen, welche einem gewissen Theile entspricht, und sticht bis zu der beabsichtigten Tiefe ein.

1) Grosses Gehirn.

Functionen des grossen Gehirns.

452. Die Erscheinungen, welche man nach Wegnahme und Verletzungen des grossen Gehirns bei verschiedenen Thieren und in

Digitized by Google

Krankheiten bei dem Menschen beobachtet hat, sind nicht gleich. Dies hängt natürlich sowohl von der Stelle, welche verletzt worden ist, und von der Ausbreitung der Verletzung, als auch von der Individualität ab. Ersteres versteht sich von selbst, letzteres bedarf einer Erläuterung.

Da der Wille nur ein Reflex von Vorstellungen ist, so hat die Ausdehnung der letztern auf die Freiheit des Willens grossen Einfluss. Die willkührlichen Bewegungen kann man auch Vorstellungsbewegungen nennen. Je mehr die Vorstellungen in der Seele dominiren, desto weniger können andere Erregungen gegen sie aufkommen; je klarer bewusst die Vorstellungen sind, desto mehr beherrscht der Wille die Bewegungen, und umgekehrt, je mehr die Vorstellungen durch Gewohnheit von der Schranke des Bewusstseins sich lösen, desto näher treten sie dem reflectirenden Principe. So verrichten wir oft, wie man zu sagen pflegt, instinktartig Handlungen, gehen einen gewohnten Gang in zweckmässiger Weise und stehen still am Ziele, obgleich auf dem ganzen Wege unser Bewusstsein mit ganz andern Dingen beschäftigt war; ein Traumbild ist im Stande, den Schlafwandler zu zweckmässigen Bewegungen zu veranlassen, welche oft wegen ihres Zusammenhanges in Erstaunen setzen. Alle diese Bewegungen und noch hundert andere, welche die tägliche Erfahrung lehrt, stehen sehr nahe den Reflexbewegungen. Der Unterschied liegt darin, dass bei letztern ein äusserer Impuls, dort ein einmaliger Vorstellungsimpuls vorhanden war. Aber während der Bewegung fehlt die Controle, welche bei den wirklich willkührlichen Bewegungen das Bewusstsein, d. h. das sich selbst empfindende Ich ausübt. Der Mensch ist so organisirt, dass die meisten Empfindungen sogleich Vorstellungen wecken, dass diese wieder beständig durch die Empfindung und das Bewusstsein geleitet werden. Der Wechsel der Empfindungen bringt einen Wechsel der Vorstellungen hervor, und von diesem hängt auch der Wechsel der Bewegungen oder vielmehr die dieselben bedingende Kraft ab, die wir mit dem Namen «Wahl», «Wille» belegen. — Je lebhafter dieses Spiel zwischen Empfindung, Vorstellung und Wille ist, desto mehr werden die sogenannten willkührlichen Bewegungen in den Vordergrund treten. Je niedriger ein Thier steht, desto weniger entwickelt ist diese Wechselwirkung vorhanden, desto mehr sind die Bewegungen, welche den Schein der wilkührlichen an sich tragen, Reflexbewegungen. Bei dem Menschen hingegen tritt in dem Bewegungsgebiete, auf welches die Vorstellungen überhaupt wirken können, diese Art von Reflexbewegungen weit zurück. Selbst bei Säugethieren finden wir einen Unterschied in den Gattungen, und wie es scheint sogar in einzelnen Individuen derselben Art.

Digitized by Google

453. a) Beobachtungen an Kaninchen (nach eignen Untersuchungen). Macht man in die Mittellinie zwischen beiden Hemisphären einen Einschnitt bis zur Trennung des corpus callosum, und trägt schichtweise die eine Hälfte der Hemisphäre so weit mit dem Messer ab, dass die Seitenhöhlen vor Augen liegen und die Oberfläche des hellweissen grossen fornix und des kleinern grauen corpus striatum deutlich zu sehen sind, so kommen schon einige Erscheinungen zum Vorschein, welche jedoch keineswegs bei allen Thieren gleich deutlich sind. Alle aber haben schon am Sehvermögen auf der unverletzten Seite gelitten. Wenn ein solches Thier, vorausgesetzt, dass es nur wenig Blut verloren hat, auf der Erde ruhig sitzt, und man führt in einiger Entfernung die Hand gegen das Auge der verletzten Seite, so weicht es gewöhnlich mehr oder weniger aus, oder nickt doch, während auf der andern Seite die Wirkung ausbleibt, oder geringer ist. Ein solches Thier sitzt noch vollständig grade und man ist in der Regel nicht im Stande, irgend eine Abweichung des Körpers oder Kopfes nach einer Seite zu bemerken. Drückt man eine Zehe, so sucht das Thier zu entfliehen, auch bei diesen Bewegungen sieht man keine Neigung nach einer Seite. Es läuft vielmehr vollkommen grade vorwärts. — Bei manchen Thieren sah ich schon jetzt eine vermehrte Empfindlichkeit, so dass z. B. das Thier, wenn es nur mässig an der Vorderpfote gekneipt wurde, hoch in die Höhe sprang und fortlief. — Beobachtungen über die Functionen des grossen Gehirns.

454. Hebt man nun (am Besten mit einem schmalen Messerstiel) das corpus striatum heraus, so sieht man nichts anderes als vorher, nur dass die Empfindlichkeit, wenn sie vorher gering war, in der Regel mehr gestiegen erscheint. Ich sah mehrmals solche Thiere, wenn man sie anstiess oder kneipte, in grader Richtung durch das Zimmer laufen, bis sie an einen Gegenstand sich stiessen und hier still hielten, eine Erscheinung, welche man erst nach Exstirpation beider corpora striata angibt. — Die Bewegungsfähigkeit war zwar in den meisten Fällen ungestört, doch sind mir unzweifelhafte Fälle vorgekommen, in welchen das Thier nicht in grader Linie vorschritt, sondern in Bogen, welche von der unverletzten nach der verletzten Seite hin gerichtet waren, oder doch lieber in dieser als in der entgegengesetzten Seite sich bewegte. Dies dauerte aber nicht an. Corpus striatum.

Ausgezeichnet deutlich sah ich diese eigenthümliche Bewegung, als ich einem Thiere hart neben der Mittellinie des Schädels an der Stelle, an welcher der gestreifte Körper lag, mit einem breiten, vorn spitz zulaufenden Messer bis zur Basis rechterseits einstach. Die Section ergab, dass die linke Hemisphäre vollständig unversehrt geblieben, die rechte Hemisphäre allein eingeschnitten und der hintere Theil des corpus striatum vollständig durchgeschnitten war.

Digitized by Google

Der Schnitt war an der basis des Gehirns hinter dem chiasma herausgekommen. Der Stamm der beiden pedunculi war ganz unversehrt geblieben, indem die Verletzung noch 4^{mm} von der innern Fläche entfernt war. — Gleich nach gemachter Operation taumelte das Thier erst nach Rechts, dann nach Links. Dies dauerte aber nur kurze Zeit. Dann machte das Thier Kreisbewegungen, und zwar immer von Links nach Rechts. Der Durchmesser des Kreises war mitunter bis 5′, oft viel kleiner. Diese Bewegungsart trat immer wieder ein, wenn das ruhig sitzende Thier gekneipt wurde. — Ungefähr nach 20 Minuten war das Thier auf der linken Seite gelähmt, und fiel auf dieselbe. Drückte man, während es so lag, eine Zehe, so machte es allerlei Bewegungen mit den Beinen, suchte sich aufzurichten, aber das gelang nicht, immerhin sank es wieder zur linken Seite, auf der es ruhig blieb. — Nach einiger Zeit hatte sich das Thier wieder vollständig erholt.

Offenbar haben wir hier zwei sich entgegengesetzte Erscheinungen hinter einander. Zuerst werden die Extremitäten und die Wirbelsäule so gewendet, dass sie sich von der unverletzten nach der verletzten, also in unserm Falle von Links nach Rechts richten. Die linke Rückenmarkshälfte ist die thätigere; sie ist in einem Zustande, als ob sie gereizt wäre. Ihre Reizung ist aber nicht eine directe, sondern sie geht in der oben besprochenen Weise von den Vorstellungen, resp. der Willensthätigkeit aus, welche in erhöhtem Grade auf die linke Körperhälfte wirkt. Diesem Zustande der Reizung folgt später der der Lähmung. Der Wille hört auf, auf dasselbe zu wirken.

Die halbseitigen Lähmungen, welche von Verwundungen des Gehirns bei Kaninchen ausgehen, sind nicht bleibend, sie vergehen. Die Ursache ist schon oben auseinander gesetzt. Der Willenseinfluss kann durch andre Antriebe ersetzt werden, und in Folge dieser entsteht, wie bei der Reflexbewegung, eine geordnete, zweckmässige Bewegung. — Dies wird noch klarer, wenn wir die Exstirpation beider Hemisphären vornehmen, so dass man in der Schädelhöhle die beiden Vierhügel vor sich sieht, vor denselben die Sehhügel und die pedunculi. Alles Übrige muss gründlich entfernt werden, auch die Hinterlappen nach der oben p. 701 gegebenen Weise.

Solche Thiere können sich, wenn sie fortgestossen werden, gleichfalls vollständig gut bewegen, aber ohne Erregung bleiben sie ruhig sitzen. Der Wille wird durch den zufälligen äussern Anstoss gewissermassen ersetzt. Dieser Antrieb genügt aber, um die angebornen Bewegungen geordnet und zweckmässig auszuführen.

Beobachtungen über die Functionen

455. b) Beobachtungen an andern Säugethieren. Im Allgemeinen sind die Erscheinungen dieselben, nur dass vorüber-

Digitized by Google

gehende lähmungsartige Erscheinungen bei Katzen und Hunden zuweilen deutlicher als bei Kaninchen in die Augen fallen.

des grossen Gehirns an andern Säugethieren.

Bei allen Thieren herrscht Gleichgültigkeit, stupor, jede Begierde ruht. Säugethiere leiden durch den Blutverlust viel mehr, als Vögel. An diesen hat Flourens sehr genaue Versuche angestellt.

Beobachtungen über die Functionen des grossen Gehirns an Vögeln.

456. c) Beobachtungen an Vögeln, nach Flourens. Ein Huhn, dem beide Gehirnlappen weggenommen waren, sah Flourens zehn Monate lang leben, dann tödtete er es. — Es hielt sich fest auf den Beinen, ging, wenn man es reizte oder stiess, flog, wenn man es in die Luft warf, verschluckte Wasser, das man ihm in den Schnabel goss. Übrigens rührte es sich nicht, wenn man es nicht reizte. Legte man es auf den Bauch, in der Art, wie Hühner zu schlafen pflegen, so blieb es auf dem Bauche. Es schien immer in Schlaf versunken zu sein, und drehte auch, wie diese Thiere im Schlafe zu thun pflegen, den Hals nach hinten, und verbarg den Kopf unter die Federn vom obern Flügelrande. Aus diesem Zustande erwachte es durch Anstossen. Es schüttelt den Kopf, sträubt die Federn, putzt und ordnet sie mit dem Schnabel oder dem Fusse. — Wenn es drei Tage hungerte, und ihm dann Nahrung unter die Nasenlöcher gebracht, der Schnabel in die Körner gelegt, sogar ein Korn in den Schnabel gegeben wird, so nimmt es Nichts. Erst wenn das Korn hinten an den Schlund gebracht wird, schluckt es. — Es vertheidigt sich nicht gegen andre Hühner, es kann weder fliehen, noch kämpfen, hat keinen Geschlechtstrieb.

Nach Flourens verlieren die Thiere nach Wegnahme des Gehirns alle ihre Sinne, sie haben weder Gesicht, noch Gehör, noch Geruch, noch Geschmack, noch Tastempfindung. — Diese Annahme ist vielfach in Abrede gestellt worden, hauptsächlich von Longet [1]), und neuerlich von Schiff [2]). — Man hat nämlich als Grund angeführt, dass bei Thieren, denen die Hemisphären des grossen Gehirns exstirpirt worden sind, die Pupille sich noch verengert, wenn Licht in das Auge fällt. Die Thatsache ist richtig, aber die Beweglichkeit der iris, welche durch die Einwirkung des Lichts auf den n. opticus als Reflexbewegung hervorgebracht wird, ist kein Beweis, dass das Gesichtsvermögen vorhanden ist, noch umgekehrt die Unbeweglichkeit der iris immer ein Zeichen von Blindheit. Es gibt Amaurotische, bei denen die Pupille durch Licht sich noch verengt, und bei künstlichen Pupillen kann gesehen werden, ohne dass die iris sich contrahirt. — Longet führt ferner an, dass, als er die Lichtflamme in

1) Longet, An. und Phys. des Nerveus., übersetzt von Hein. Leipzig 1847. I, 524.

2) Schiff, Physiologie. I, 332.

Digitized by Google

einer hinreichend grossen Entfernung, um die Wärmeempfindung zu verhüten, im Kreise bewegte, eine enthirnte Taube eine entsprechende Bewegung mit dem Kopfe machte. — Man muss bedenken, dass enthirnte Thiere noch Schmerz empfinden und dass eine auf die retina gerichtete Flamme Schmerz macht. Das Thier wird, wie ich glaube, nicht der Flamme nachgesehen, sondern jedesmal, wie ihr dieselbe in's Auge kam, ihr ausgewichen sein, und daher eine Kreisbewegung mit dem Kopfe gemacht haben. — Nach den Versuchen, welche ich an Tauben angestellt habe, denen ich das grosse Gehirn exstirpirt hatte, muss ich der Annahme von Flourens beistimmen. Wenn ich ein solches Thier, dem die eine Hälfte, z. B. die linke weggenommen war, mitten in die Stube setzte, und bewegte meine Hand gegen die unverletzte rechte Gesichtsseite, als ob ich dagegen schlagen wollte, so blieb es ganz ruhig. Machte ich dieselbe Bewegung auf der andern Seite, so wich das Thier aus.

Hinsichtlich des Gehörs habe ich keine eignen Beobachtungen. Sie sind sehr schwer zu machen. Da die Thiere so sehr unaufmerksam sind, so ist nicht zu erwarten, dass geringe Geräusche sie stören, wovon man sich auch leicht überzeugt. Sehr starke hingegen bringen eine Erschütterung hervor, gegen welche diese Thiere sehr empfindlich sind. — Longet führt an, dass eine Taube bei Schüssen, welche in der Nähe abgefeuert wurden, jedesmal den Hals gestreckt und den Kopf gehoben, dann aber ihre frühere Stellung eingenommen habe.

Wegen des Geruchs fehlen noch ausreichende Versuche. In der Regel trägt man die Wurzeln der Riechnerven bei der Operation ab, und es ist nicht zu erwarten, dass sich noch Geruch finden soll. — Wenn man Ammoniak und Essigsäure an die Nasenschleimhaut bringt, so macht das Thier abwehrende Bewegungen (Magendie) [1]), aber diese sind durch das schmerzhafte Gefühl zu erklären, welches diese Stoffe hervorbringen.

Nach Magendie und Longet schmeckt ein Thier ohne Gehirnlappen. Wird Coloquintenabkochung in den Mund gebracht, so macht es nach Longet und Schiff Kaubewegungen, wie gesunde Thiere. —

Es ist von vorn herein sehr wahrscheinlich, dass der Geschmack, welcher eigentlich nur eine besondre Form des Gefühls, oder vielmehr der Empfindung von Lust und Unlust darstellt, und dessen Nerven (glossopharyngeus und trigeminus) dem verlängerten Marke, dem Sitze für Gefühl von Lust und Unlust, angehören, nicht aufhören wird, wenn das grosse Gehirn wirkungslos gemacht wird.

Soviel steht jedenfalls fest, dass aus den Sinnesempfindungen sich

1) Magendie in Journ. de phys. exp. IV, 170.

Digitized by Google

keine bewusste Vorstellungen und keine Willensaction ohne das Vorhandensein des grossen Gehirns entwickeln können. — Auch das Gedächtniss hat zu einem grossen Theile gelitten.

Zu den oben angeführten Erscheinungen nach Exstirpation des grossen Gehirns füge ich noch das bei Tauben so sehr gewöhnliche Entleeren des Inhalts aus dem Kropfe, welches ich selten fehlen sah, wenn der Kropf gefüllt war. Es erinnert dies an die Brechbewegungen, die so häufig Gehirnaffectionen begleiten und wahrscheinlich als Reflexbewegung aufzufassen sind.

Reizung des grossen Gehirns.

457. Wird das grosse Gehirn gereizt, so entstehen nirgendswo am Körper Zuckungen oder Bewegungen, wie sie der Wille hervorruft. Mit dieser Erscheinung lässt sich auf den ersten Blick nicht in Übereinstimmung bringen, dass eine partielle Zerstörung des Gehirns schon Lähmung hervorbringt, besonders bei Menschen, und zweitens nicht, dass bei Gehirnkrankheiten oft Zuckungen vorkommen, z. B. bei Hydrocephalus acutus. — Bei genauerer Betrachtung löst sich aber die Sache vollständig auf. Wenn man auf irgend eine Weise das Gehirn reizt, so werden dadurch weder motorische Fasern noch motorische Ganglien gereizt, sondern das Vorstellungs-, resp. das Willensorgan. Die Folge kann also keine andere sein, als dass eine Störung in den Vorstellungen eintritt, da deren organische Unterlage krank gemacht ist. Nur dann, wenn der Reiz die Stelle erreicht, an welcher die eigentlichen motorischen Ganglien beginnen, nämlich am pedunculus cerebri, entstehen durch die Reizung Krämpfe. — Man kann aber wohl vermuthen, dass Abweichungen in der Äusserung der Vorstellungen und des Willens entstehen, wenn das grosse Gehirn gereizt und resp. zerstört wird. Das oben p. 740 angeführte Beispiel gibt uns dafür einen Beleg. Erst entstanden krankhafte willkührliche Bewegungen, dann Lähmung. Die Zuckungen bei Gehirndruck oder Zerstörung des Gehirns sind als Reflexe zu betrachten, welche bei Abnahme der Gehirnthätigkeit stets erfolgen.

Beobachtungen über die Functionen des grossen Gehirns an Menschen.

458. d) **Beobachtungen an Menschen.** Bei der Gehirnblutung, apoplexia, sind, wenn die Blutextravasate einigermassen beträchtlich sind, die Gehirnfasern zerstört. Der apoplectische Heerd wechselt von der Grösse eines Mohnkornes bis zu der einer Faust. Der häufigste Sitz derselben ist der gestreifte Körper, dann der Sehhügel und die Umgebungen dieser Theile auf einer Seite. Viel seltner sind beide Hälften ergriffen.

Das constante Symptom ist, dass der Wille keinen Einfluss auf die dem Extravasate entgegengesetzte Körperseite hat. Ein solcher Kranke kann das Gesicht dieser Seite nicht bewegen, den Arm nicht heben, nicht gehen etc. Gewöhnlich werden nicht alle Muskeln in gleicher Stärke dem Willen entzogen; jedoch ist es bis jetzt noch nicht

Digitized by Google

gelungen, gewisse Regionen des Gehirns mit gewissen Muskel- (resp. Nerven-) Partien in Beziehung zu bringen. Es ist nicht möglich, bis jetzt eine exacte Erklärung darüber zu geben, wie der Wille nur eine Seite des Körpers oder einzelne beschränkte motorische Gebiete anregt. Von dem bewussten Gefühle und der bewussten Empfindung wissen wir, dass damit immer ein Lokalisiren verbunden ist. Indem wir ein Gefühl oder eine Empfindung haben, versetzen wir dieselben auch sogleich an einen bestimmten Ort, sei es unsers eignen Körpers oder der Aussenwelt. — Durch den Gesichts- und Gehörsinn erhalten wir zwar jedesmal durch zwei Augen und zwei Ohren, zwei Eindrücke, aber unsere Seele verschmilzt beide zu einer Empfindung, und die einzige Empfindung verlegt beide an einen Ort. Wenn wir nun bedenken, dass die Vorstellungen wieder aus den Empfindungen hervorgehen, so kann man wohl annehmen, dass aus den doppelt eingebrachten Empfindungen, auch doppelte Vorstellungen, doppelte Willensactionen entstehen, welche erst durch unser Denkvermögen vereinigt werden. Es lässt sich dies kaum erweisen, aber auch nicht grade widerlegen, und da sich mit einer solchen Hypothese organische Vorgänge erklären lassen, so möge es gestattet sein, sie zu gebrauchen. — Wenn demnach eine Gehirnhälfte theilweise oder ganz gedrückt ist, so hört ebenso wenig der Wille überhaupt auf, wie das Sehen, durch Zerstörung von einem Auge. — Aber wahrscheinlich wird leichter Ermüdung bei dem Gebrauche der Seelenthätigkeiten eintreten, wenn genau darauf geachtet wird. Longet [1]) gibt folgenden interessanten Fall an: „Ferrus erzählte, dass der General B., der in Folge einer Wunde ein grosses Stück Scheitelbein verloren hatte, auch eine bedeutende Verkleinerung der entsprechenden Grosshirnhalbkugel zeigte, welche sich äusserlich durch eine sehr grosse Einsenkung der Schädeldecke verrieth. Der General hatte dieselbe Lebhaftigkeit des Geistes, dasselbe richtige Urtheil wie sonst; er kann aber nicht eine Zeit lang sich mit geistigen Arbeiten beschäftigen, ohne bald zu ermüden. Ich habe einen alten Soldaten gekannt, der völlig in demselben Falle war.“

Es schliessen sich auch hier die Mitbewegungen an, von denen jedoch unten besonders die Rede sein soll.

In der Apoplexie sind nur die Bewegungen aufgehoben, welche von bewussten Vorstellungen ausgehen. Gemüthsaffecte, bei welchen die Vorstellungen minder bewusst sind, machen hingegen Bewegungen möglich. Schon beim lebhaften Sprechen, bei Freude und Schreck

1) Longet, l. c., übersetzt von Hein. I, 542.

Digitized by Google

sieht man die Gesichtsmuskeln, obgleich sie nach dem Willen des Kranken sich nicht contrahiren, die bekannten Bewegungen machen. Ebenso beweist die Theilnahme der Rumpfmuskeln an der Respiration, dass nicht der eigentliche motorische Nervenapparat, sondern nur eine bestimmte, auch im Nervensystem repräsentirte Erregungsart gelähmt ist.

Ich halte es für möglich, dass, ebenso wie bei Thieren, auch unter Umständen bei Menschen die Lähmungen nach Apoplexien schwinden, ohne dass der Bluterguss und die Gehirnzerstörung entfernt worden sind. Kleine Kinder, bei denen freilich Gehirnblutungen eine Seltenheit sind, möchten zu solchen Beobachtungen am Ehesten Gelegenheit geben.

Kein anderes Symptom ausser der Lähmung ist bei Gehirnblutungen constant. Störungen des Gesichts sind selten, eher noch des Geschmacks und der Tastempfindung. Öfters leidet das Gedächtniss. — Die Ursache ist die, dass eine überaus grosse Anzahl von Apoplexien auf den gestreiften Körper und seine Umgebung (unter 386 Fällen 301 nach Andral) kommt. Man konnte bei der Schwierigkeit der Beurtheilung aus den wenigen Fällen an andern Stellen nicht zu einem bestimmten Resultate gelangen. — Bei Blutung im Streifenhügel und Umgebung leiden die psychischen Thätigkeiten und die Sinnesempfindungen am Wenigsten. Bei Blutungen in der Gehirnrinde tritt die Lähmung in den Hintergrund und die Störung der psychischen Functionen ist deutlicher. [1])

Mehr noch als die lokal beschränkten Apoplexien beweisen die weiter verbreiteten Blutstockungen im Gehirne, dass dasselbe das Organ für die Empfindung, Vorstellungen und den Willen ist. Denn unter diesen Umständen leidet alsbald die Wahrnehmung, es entstehen Delirien, Sinnestäuschungen, Unsicherheit der Bewegung u. s. w., worüber die Handbücher über Pathologie zu vergleichen sind.

Beobachtungen über die Functionen des grossen Gehirns an Fröschen.

459. c) Beobachtungen an Fröschen. In Thieren, bei welchen die bewussten Vorstellungen so sehr wenig ausgebildet sind, bei welchen alle sogenannten willkührlichen Bewegungen mehr den Anschein von Willkühr haben, als dass sie selbstbestimmt, d. h. aus bewussten Vorstellungen hervorgegangen sind, wie bei Fröschen, kann man keinen Unterschied in den Bewegungen finden, wenn das Gehirn weggenommen ist. Sie springen und machen überhaupt alle Bewegungen, wie gesunde Thiere.

Drei nothwendige Nervenapparate für die willkührlichen Bewegungen.

460. In dem grossen Gehirn ist nur ein Theil der Bedingungen enthalten, welche für das Zustandekommen der willkührlichen Bewe-

1) Vgl. Hasse, Kht. des Nervenapparates. Erl. 1855. p. 308 in Virchow's Handb. der Path und Ther. IV, 1.

Digitized by Google

gungen nothwendig sind. Es sind nämlich Empfindung, Vorstellungen, Wille in demselben repräsentirt. Da aber die Organe, welche die willkührliche Bewegung ausführen, die Muskeln und die sie anregenden Nerven, in jeder Körperhälfte symmetrisch vorhanden sind, so bedarf es nothwendig einer Vorrichtung, um das Gleichgewicht zu erhalten. So gehören also zur willkührlichen Bewegung drei Nervenglieder: 1) ein Anregungsapparat, den wir oben betrachtet haben, — Vorstellung, Wille — grosses Gehirn; 2) der Apparat, von welchem die Muskelgruppen zur Contraction angetrieben werden, — derselbe, den wir oben bei der Reflexbewegung beschrieben haben, bestehend aus sensiblen und motorischen Nerven, durch Ganglien mit einander verbunden, er hängt auf der einen Seite mit dem Anregungsapparat, auf der andern mit den Muskeln zusammen. Die Nervenmasse, welche die Verbindung dieses wesentlich dem Rückenmark angehörigen Reflexionsapparates mit dem Vorstellungsapparate (grossem Gehirn) ausmacht, wird durch die pedunculi cerebri gebildet. 3) Organe zur Erhaltung des Gleichgewichts. Indem Vorstellungen und Wille bei ihrem beständigen Wechsel bald auf diese, bald jene Nerven- und Muskelgruppe einwirken und dadurch eine Bewegung entsteht, muss jeden Augenblick das Gleichgewicht gestört werden. Beim Gehen, Stehen und allen zusammengesetzten Bewegungen muss eine bestimmte Muskelgruppe erregt werden. Sie würde sogleich das Uebergewicht bekommen und der Körper nicht mehr stehen bleiben können, wenn nicht gleichzeitig andere Bewegungen gemacht würden, um das Fallen zu hindern. — Es ist klar, dass die Erhaltung des Gleichgewichts sehr davon abhängt, ob der Körper eine Unterlage hat oder nicht. Es ist ein grosser Unterschied, ob man das Bein in die Höhe hebt, während der Körper vollständig liegt, oder wenn er steht.

2) Kleines Gehirn.

Functionen des kleinen Gehirns.

461. Zur Erhaltung des Gleichgewichts scheint es nothwendig, dass der Körper die durch einseitige Bewegungen hervorgebrachten Störungen fühle und hienach Bewegungen veranlasst werden, welche diese Störung wieder aufheben. Man könnte sich denken, dass dasselbe Organ, welches zum Sitze des Willens dient, das grosse Gehirn, zugleich diese Function mit übernimmt. Die Versuche, welche Flourens an Vögeln gemacht hat, scheinen dieser Annahme zu widersprechen und vielmehr die Meinung zu begünstigen, dass ein eignes Gehirnorgan die Bestimmung habe, auf diese durch den Einfluss der Willensactionen fast unaufhörlich hervorgebrachten Störungen zu achten und durch passende Bewegungen zu eliminiren, nämlich das kleine Gehirn.

Nach Wegnahme der obern Lagen des kleinen Gehirns von Tauben scheint etwas Schwäche und Mangel an Übereinstimmung in den Bewegungen da zu sein; nach Wegnahme der mittlern Lagen zeigt sich eine fast allgemeine Unruhe, obschon kein Zeichen von krampfhafter Zuckung eintritt. Das Thier macht heftige, ungeregelte Bewegungen, sieht und hört aber. Nachdem die letzten Lagen fortgenommen sind, verliert das Thier die Fähigkeit zum Fliegen, Stehen und Gehen. Legt man es auf den Rücken, so kann es nicht mehr aufstehen und erschöpft sich in vergeblichen Bemühungen dazu. Statt ruhig und sicher zu liegen, wie diess bei Tauben geschieht, denen man die Hemisphären des grossen Gehirns wegnimmt, flattert es unaufhörlich, aber bewegt sich nie auf eine bestimmte, zweckmässige Weise. Es sieht den Streich, den man nach ihm führt, und will ihn vermeiden; es macht tausend Anstrengungen, ihm zu entgehen, und vermeidet ihn doch nicht. — Es sieht aus, wie betrunken, stützt sich oft, um fortzukommen, auf Flügel und Schwanz (Flourens).

Ganz ähnliche Resultate beobachtete Flourens auch an vielen andern Vögeln, ferner an einer Haselmaus, Katze, Ratte, Maus, einem Maulwurf, Hunde. Überall sah er, dass die zusammengesetzten Bewegungen zum Gehen, Stehen, Springen, Wühlen nicht mehr möglich waren, obgleich der Wille dazu noch bestand. So leicht die Beobachtungen von Flourens an Vögeln zu bestätigen sind, so oft versagen sie bei Säugethieren, und zwar hauptsächlich wegen der starken Blutung. — Wo dies aber nicht der Fall ist, fehlen sie auch hier nicht, wie auch Hertwig [1]), ich [2]), Longet (l. c. I, 597), R. Wagner [3]) u. A. beobachteten.

Versuche über das kleine Gehirn bei Fröschen.

462. Auch bei Fröschen sind die Versuche am kleinen Gehirn sehr lehrreich. [4]) Bei Amphibien ist das kleine Gehirn eine schmale, kleine, aufrechtstehende Platte, an welcher die beiden Hemisphären nicht mit blossem Auge als solche zu unterscheiden sind. Dieselbe liegt dicht vor dem verlängerten Marke und hinter den Vierhügeln oder vielmehr Zweihügeln. Nachdem mit einer Scheere die Schädel-

1) Hertwig in Hecker's Ann. der ges. Heilkunde. 1826. p. 151.
2) Budge, Unters. über das Nervens. I, 66.
3) R. Wagner in Göttinger Nachrichten. 1860. Nr. 4 u. 6.
4) Als ich im Jahre 1841 meine ersten Versuche über das Nervensystem publicirte und auch darin die über das kleine Gehirn, warf mir Stilling vor, ich hätte die Zweihügel für das kleine Gehirn angesehen, weil ich an diesem von zwei Hälften gesprochen habe. Auf diesen Vorwurf habe ich nichts erwidert, weil es in der That ein Leichtes ist, die Hälfte des kleinen Gehirns mit einer kleinen Scheere bei einem Frosche zu exstirpiren, ohne die Zweihügel zu verletzen.

Digitized by Google

decke abgenommen ist, macht man grade in der durch die Zweihügel genau bezeichneten Mittellinie einen Einschnitt mit einer feinen Scheere und hebt die Hälfte mit Leichtigkeit hinweg. Oft ist das Thier nach der Operation etwas erschöpft, erholt sich aber bald wieder. Athmen und Herzschlag sind in gutem Zustande. — Der Körper ist nach der Seite des Schnittes hin gerichtet oder vielmehr er liegt auf dieser Seite. Wenn also die Operation auf der linken Seite gemacht ist, so ist die Wirbelsäule nach Links herabgezogen, während die rechte Seite in die Höhe steht. Das Thier kann alle vier Glieder bewegen, doch bemerkt man eine gewisse Disharmonie, so dass das eine Bein eher angezogen wird, als das andere. Öfters sieht man den Fuss an der nicht durchschnittenen (rechten) Seite gespreizt. Wenn eine Zehe gedrückt wird, so bewegt sich das Thier vorwärts, aber immer so, dass der Körper nach der verwundeten (linken) Seite gerichtet ist und diese Neigung ist so gross, dass der Frosch manchmal dabei auf den Rücken fällt. Er hebt sich dann wieder gleich auf, aber stets nach Links gewendet. Es gelingt sogar manchmal, das Thier ganz auf die verwundete (linke) Seite vollständig zu legen, so dass die rechte Seite nach Oben sieht. Niemals kann man dies auf der gesunden Seite ausführen. — Mitunter springt auch das Thier noch ganz gut, aber immer in derselben Richtungsabweichung. — Bei dem Fortkriechen machen die Extremitäten der gesunden Seite oft merkwürdige Bewegungen, strecken und heben sich. —

Werth der Versuche.

463. Man hat den Versuchen an Thieren ihren Werth abgesprochen, weil bei Krankheiten des kleinen Gehirns bei Menschen nicht ähnliche Erscheinungen beobachtet wurden. So sagt z. B. Ludwig (Phys. I, 210), dass diese Versuche für die Physiologie des Menschen ganz uninteressant seien, da man nie etwas Ähnliches nach Verletzung seines Kleinhirns beobachtete. Einmal ist dieser Ausspruch nicht vollkommen richtig. Denn es erwähnt z. B. Binard, dass bei einem Menschen, bei welchem alle Windungen des kleinen Gehirns erweicht gefunden wurden, im Leben der Gang schwankend, wie der eines Betrunkenen, gewesen war, und dass der Kranke ohne Unterstützung rückwärts ging, bis er an ein Hinderniss kam. In einem andern Falle von Lallemand zeigten sich ganz analoge Symptome. [1]) — So sind noch mehr Fälle verzeichnet.

Es ist zwar wahr, dass in der Mehrzahl der Fälle von Erkrankungen des kleinen Gehirns sich nicht diese unsichern und schwankenden Bewegungsformen zeigten, wie man sie beim Versuche kennen

1) Vgl. hierüber Wern. Nasse de singularum cerebri partium functionibus, ex morb. perscrut. indag. Bonn. 1845. p. 52.

Digitized by Google

lernt. Aber eine Krankheit ist gewöhnlich nur auf einzelne Stellen beschränkt, während im Versuche das ganze Organ zerstört wird. Wegnahme einzelner Theile bringt sehr gewöhnlich nur geringe und vergängliche Gleichgewichtsstörungen hervor. — Selbst bedeutende Verletzungen sind noch sehr verschieden von Exstirpationen. Dies beweist folgender Versuch. Hart neben der spina occipitalis stach ich an der rechten Seite bei einem Kaninchen ein lanzettförmiges Messer ein. An einem daneben liegenden todten Kaninchen derselben Grösse hatte ich mir genau dieselbe Stelle bezeichnet, an welcher die rechte Hemisphäre des kleinen Gehirns neben dem Wurm begann, sowie auch die Tiefe, bis zu welcher ich dringen musste, um den Theil vollständig zu durchbohren. Die Section zeigte, dass der Längsschnitt genau an der Gränze zwischen Wurm und rechter Hemisphäre eingedrungen war und letztere bis höchstens 1 mm gänzlich durchbohrt hatte. Während der Operation schien das Thier keinen Schmerz zu fühlen. Nachdem das Messer herausgezogen war, wurde das Thier auf die Erde gesetzt; es wich nach der rechten Seite hin a[illegible] und fiel ganz dahin. Bei jeder Bewegung, die es machte, wurde es nach der rechten Seite hin umgezogen. Aber man konnte nicht sagen, dass die Bewegungen unordentlich gewesen wären, es machte vielmehr den Eindruck, als ob es auf der rechten Seite gelähmt wäre. — Vier Stunden nach der Operation war der Gang schon wieder grade, nur ein wenig konnte die Neigung nach Rechts noch erkannt werden. Am andern Morgen hingegen war Nichts mehr zu bemerken.

Wir müssen aber drittens gegen den Vorwurf, den Ludwig den Versuchen macht, noch hervorheben, dass derselbe Umstand, welcher bei Krankheiten des grossen Gehirns beim Menschen zur Hinderung der Bewegungen beiträgt, letztere bei Krankeiten des kleinen Gehirns befördern muss. Wenn eine Störung des Gleichgewichts vorhanden ist und gefühlt wird, so kann der Wille wenigstens bis zu einem gewissen Grade dieselbe vermindern. Wir sehen dies bei Betrunkenen, welche oft Willenskraft genug haben, die Gleichgewichtsstörung in ihren Bewegungen unkenntlich zu machen. Wenn man nun bedenkt, dass ein gewisser Grad von Aufmerksamkeit dazu gehört, um zu fühlen, wenn der Körper nach einer Seite hin gedrängt wird, sobald dies nicht in höherm Grade der Fall ist und dass der Wille ohne weiteres Nachdenken diese Abweichung leicht zu corrigiren vermag, so kann man wohl vermuthen, dass leicht Erscheinungen der Art gänzlich übersehen werden können.

Ich stimme daher mit der von Flourens aufgestellten, von R. Wagner neuerlich vertheidigten Ansicht über die Function des kleinen Gehirns in Bezug auf willkührliche Bewegungen überein.

Der obere Theil des kleinen Gehirns ist ohne Gefühl, der untere, in welchem die weisse Substanz, d. h. die Nervenfasern vorwalten, hat Gefühl, welches am meisten in den ganz weissen pedunculi cerebelli ad pontem ausgesprochen ist. Daraus ergibt sich schon von selbst, dass es einen Unterschied macht, ob die pedunculi verletzt werden, oder bloss die Hemisphären. Hievon wird aber geeigneter bei den sogenannten Zwangsbewegungen die Rede sein, worauf wir verweisen.

464. Wie man sich die Wirkung des kleinen Gehirns zu denken habe, ist schwer zu sagen, und es ist vorläufig besser, sich jeder Meinungsäusserung zu enthalten. Ich möchte daher auch jetzt nicht mehr einer von mir selbst vor langer Zeit (1841) aufgestellten Ansicht, das kleine Gehirn sei ein Hemmungsorgan für die ungezügelte Bewegungskraft, das Wort reden. — Flourens sieht das kleine Gehirn als Coordinationsorgan für die Ortsbewegung an. [1]) —

3) Verlängertes und Rückenmark.

Verhältniss des Rückenmarks zu willkührlichen Bewegungen.

465. Der Einfluss, welcher vom grossen und kleinen Gehirn auf die motorischen Nervenapparate ausgeübt wird, wirkt ●, dass die rechte Hälfte dieser Organe sich auf die linke Körperseite et vice versa bezieht. Im motorischen Nervenapparate müssen sie also an den Stellen, an welchen sie mit Gehirntheilen communiciren, sich gekreuzt haben. Wo diese Kreuzung ihren Sitz hat, ist noch nicht aufgeklärt. — Reizung einer Hälfte des Rückenmarks, z. B. durch mechanische Mittel, bringt Zuckungen derselben Körperseite hervor, (Flourens, Hertwig, Budge) [2]). — Durchschneidung einer Rückenmarkshälfte lähmt nach Fodera, Schöps, Volkmann [3]) und Eigenbrodt [4]) (bei Säugethieren) die Glieder dieser Seite, während nach v. Deen, Valentin, Stilling, Eigenbrodt (bei Fröschen), Kölliker, Schiff [5]) kein wesentlicher Einfluss auf die Bewegung hervorgebracht wird.

466. Die Frage, ob noch willkührliche Bewegungen zu Stande kommen, wenn die Hinterstränge (graue und weisse Substanz) durchschnitten sind, hat v. Deen entschieden, nach dessen Versuchen ein Frosch noch willkührliche Bewegungen macht, wenn nur noch die Vorderstränge die Verbindung herstellen, also die hintere weisse und graue,

---

1) Man vgl. R. Wagner in Göttinger Nachrichten. 1800. Nr. 4. p. 25.

2) Flourens, Vers. über die Verr. des Nervens. Übers. von Becker. p. 105. — Hertwig in Hecker's Ann. 1826. p. 153. — Budge, Unters. über das Nervensystem. I, 21.

3) Volkmann in Wagner's Handwörterbuch. II, 551.

4) Eigenbrodt, Leitungsges. p. 55.

5) v. Deen, Traités et découvert. sur la phys. de la moëlle épinière. Leyden 1841.

Digitized by Google

sowie die vordere graue Substanz durchschnitten sind. — Ich habe diesen Versuch auch wiederholt, und habe dasselbe Resultat gefunden. Ich lege an einem unätherisirten Frosche das Rückenmark grade da bloss, wo der dicke Armnerv abgeht, und schneide mit einem feinen Messer ein, immer tiefer gehend. Es ist nun freilich schwer zu sagen, ob nicht eine Spur grauer Substanz unzerstört geblieben ist, selbst wenn man nachher das Rückenmark erhärtet. Aber soviel habe ich auch sicher gesehen, dass die Vorderstränge die wesentlichste Verbindung ausmachten. Obgleich indess ein solches Thier auch spontan und regelrecht springt, so kommen doch oft auch verkehrte Bewegungen vor. So z. B. werfen sich zuweilen die hintern Extremitäten merkwürdig unter einander, und als ich einen kleinen Tropfen Säure auf die Nase brachte, machten die Hinterbeine abwischende Bewegungen an sich selbst, als ob sie betupft worden wären. Wenn ich ein solches Thier auf den Rücken legte, so blieb es so lange Zeit liegen. Oft bemerkte ich, dass es sich fortbewegte, wenn ich in die Hände klatschte oder in der Nähe auf den Fussboden trat. — Die erst genannten Erscheinungen rühren wahrscheinlich von der Unterbrechung des Gefühls durch die Hinterstränge her. — Aus dem erwähnten Versuche geht hervor, dass das Gehirn durch die weisse Substanz der Vorderstränge mit dem motorischen Nervenapparate des Rückenmarks in Verbindung steht. — Eine solche Willensfaser, wie man sie nennen könnte, ist in ihrer erregenden Einwirkung auf die motorischen Elemente des Rückenmarks analog einer sensiblen Faser. Während die sensible oder centripetale Faser durch äussere Agentien zur Thätigkeit getrieben wird, sind es die Sinnesempfindungen, resp. Vorstellungen, welche die Willensfasern anregen.

D. Bewegungen, durch Vorstellungen hervorgebracht.

Einfluss der Vorstellungen auf willkührliche Bewegungen.

467. Nicht immer regen Vorstellungen den Willen an, sondern häufig entstehen ohne Weiteres Bewegungen. — Die einfachsten sind diejenigen, welche in dem Bereiche des Athmens, des Herzschlags, des Darms, der samenführenden Gänge, des uterus etc. durch Gemüthsaffecte entstehen. Auch möchte die Röthe und Erbleichung durch Erschlaffung und Contraction der Gefässe hieher zu zählen sein. Über den physiologischen Zusammenhang der unwillkührlichen Bewegungen mit den Nervencentren wird in dem Abschnitte über diese Bewegungen die Rede sein.

468. Verwickelter hingegen ist die Erscheinung, dass die Vorstellung einer Bewegung dieselbe Bewegung in unserm eignen Körper hervorzubringen vermag. Das Bild eines Gähnenden, den wir vor

Digitized by Google

uns sehen oder uns nur vorstellen, ist im Stande, erregende Ursache der eigenthümlichen Bewegung des Gähnens zu werden. Bei allen nachahmenden Bewegungen ist dieselbe Tendenz vorhanden, durch die Vorstellung einer Bewegung auf den Apparat ihrer Ausführung hinzuwirken. Es ist jedoch dieser Übergang kein directer, sondern die Vorstellung einer Bewegung ruft die Veranlassung zu einer solchen Bewegung, welche man schon an sich selbst erfahren hat, in Erinnerung, und diese im Gedächtniss wieder auflebende Ursache wirkt, wie die wirkliche Ursache (gleichsam ein virtuelles Bild davon) als Reiz.

E. Zwangsbewegungen.

Zwangsbewegungen.

469. Mit diesem Namen bezeichnet man diejenigen Ortsbewegungen, welche unabhängig von Vorstellungen und Wille keinem bestimmten Zwecke entsprechen. Sie bestehen darin, dass ein Thier immer nach einer Richtung sich bewegt, bis es an irgend einem Hindernisse aufgehalten wird; dass ein Mensch oder ein Thier rückwärts geht, anstatt vorwärts zu gehen; dass ein Mensch oder ein Thier im Kreise, anstatt grad aus, sich bewege, oder nach einer Seite herumwälze u. s. w.

Organe, von welchen dieselben ausgehen.

470. Zu den Organen, deren Verletzung diese Zwangsbewegungen hervorruft, gehören: corpora striata, thalami nervorum opticorum, pedunculi cerebri, pedunculi cerebelli ad pontem.

Corpora striata.

471. Corpora striata. Sobald nach Magendie die weisse Masse der Streifenhügel getroffen wird, sträubt sich das Thier, zeigt Unruhe, sucht zu entfliehen. Ist nur einer hinweggenommen, so bleibt es noch Herr seiner Bewegungen; sobald auch der zweite durchschnitten ist, stürzt das Thier augenblicklich, wie von einer unwiderstehlichen Kraft getrieben, vorwärts. Magendie nimmt zwei Kräfte an, von denen die eine das Thier nach Vorn, die andere rückwärts treiben soll; so lange beide vom Willen regiert wurden, hielten sie sich das Gleichgewicht. Die erstere jener Kräfte sitze im kleinen Gehirn, die zweite in den gestreiften Körpern. Wurde jenes weggenommen, so gingen die Thiere rückwärts, wurden diese abgetragen, unwiderstehlich vorwärts, bis ein, wenn auch noch so geringer Widerstand sie aufhielte. — Longet hat bei mehr als 20 Kaninchen, die er operirte, Nichts der Art beobachtet; er fand sie vielmehr regungslos. — Schiff gibt ebenso an, dass nach der Exstirpation der Streifenhügel ein solches Thier ganz passiv sei, und man die Beine ganz ausstrecken könne, so dass der Körper vollends auf dem Bauche liege, und ihm alle Stellungen geben könne, wenn man es nur vorsichtig thue, ohne dass das Thier sich dagegen wehre. Nur

Digitized by Google

beim stärkern Drucke erhebe es sich plötzlich, strecke Kopf und Ohren in die Höhe, beginne ganz regelmässig vorwärts zu springen und stürze mit wahrer Hast weiter, bis es an ein Hinderniss gelangt, plötzlich ganz ruhig stehen bleibe, und zwar in derselben Lage verharrend mit ausgestreckten oder halb erhobenen Hinterbeinen, die Nase an die Wand gedrückt. — Schiff beobachtete dieselben Erscheinungen, wenn er alle Fasern durchschnitt, welche aus dem vordern und äussern Rande des gestreiften Körpers heraustreten. — Bei Exstirpation eines gestreiften Körpers sah derselbe Forscher keine Wirkung.

Ich habe neuerdings sehr zahlreiche Versuche über diesen Gegenstand angestellt. Zunächst hat sich als vollkommen richtig herausgestellt, dass ein Kaninchen, dem die beiden Seitenventrikel blossgelegt sind, so dass die Streifenhügel frei vor Augen sind, vollständig ruhig bleibt, wenn man mit dem Messerstiel beide hinter einander heraus hebt. Es rennt nicht ohne Weiteres vorwärts, wie Magendie angibt. — Ich habe indess, wie Magendie und Schiff die Erscheinung selbst sehr wohl gesehen, und bin darin mit Schiff gleicher Meinung, dass man, um sie hervorzubringen, eines Reizes bedarf. Es kann also gewiss von einer plötzlich frei werdenden Kraft nicht die Rede sein. — Man sieht diese Erscheinung keineswegs bei allen Kaninchen, ja nicht einmal bei der Mehrzahl. Ich erkenne in derselben nichts andres, als eine vermehrte Reizbarkeit. — Sie kommt auch vor, ehe man noch die Streifenhügel zerstört hat, wenn nur das Gehirn bis zu den Seitenventrikeln weggenommen ist. Ich habe sie so deutlich hier beobachtet, dass ich sorgfältig nachsah, ob die Streifenhügel noch völlig unversehrt wären; da ich sie aber in vollkommen gutem Zustande fand, so muss ich der Annahme, dass jenes Phänomen nur von den Streifenhügeln herrühre, widersprechen. Ich habe auch keineswegs immer gefunden, dass nach Wegnahme nur eines Streifenhügels die Erscheinung noch nicht vorhanden ist. Man bemerkt sie auch hier, wie schon p. 739 angegeben, in vielen Fällen entschieden, und die Wegnahme des andern vermehrt sie in solchem Falle nicht mehr. Es ist auch nicht richtig, dass die Thiere immer grade vorwärts laufen, sondern sie weichen oft genug von der graden Richtung ab. Häufig springen sie, wenn man sie kneipt, nur einmal hoch in die Höhe, und bleiben wieder ruhig sitzen. — Zuweilen ziehen sie auch nur das gekneipte Bein zurück, und bewegen sich weiter.

Dass öfter erst nach Wegnahme der Streifenhügel diese erhöhte Erregbarkeit eintritt, liegt wahrscheinlich daran, dass in ihnen die Anfänge der pedunculi cerebri liegen.

Digitized by Google

Wir haben also eigentlich in der viel besprochenen Erscheinung nichts Anderes, als eine besondere Art gesteigerter Reflexbewegungen, welche hier als zusammengesetzte Ortsbewegungen in einem Thiere auftritt, dem die bewussten Empfindungen fehlen und die deshalb einen eigenthümlichen Eindruck machen.

Thalami nervorum opticorum.

472. Es ist bereits oben von einer Drehbewegung gesprochen worden, welche eintritt, wenn man den hintern Theil des Streifenhügels durchschneidet. Noch deutlicher tritt das Drehen ein, wenn der Sehhügel oder der Hirnschenkel einer Seite verletzt wird. Genau genommen, kommt aber das Alles auf eins hinaus. Denn die Beobachtung lehrt, dass diese Drehbewegungen nur dann sich zeigen, wenn der Schnitt so tief ging, dass die Ausbreitung der Fasern des pedunculus mit getroffen sind.

473. Es ist passend, zuerst bei Fröschen Untersuchungen anzustellen. Die Exstirpation eines Sehhügels bringt bei denselben eine Drehbewegung nach der andern Seite hervor, wie bereits Flourens richtig bemerkt hat. Nimmt man also den linken Sehhügel hinweg, so dreht sich das Thier nach der rechten Seite, und zwar gleich nach der Operation ziemlich rasch. Der Kopf und Hals sind dabei nach Rechts gewendet. Nach einiger Zeit hört dies aber wieder auf. Das Thier sitzt jetzt lange Zeit stille. Reizungen bringen dann nur geringe Bewegung hervor. Ich sah in Folge derselben die Thiere zuweilen rückwärts schreiten. — Das Thier erholt sich allmählich und etwa nach 12 Stunden kann man in der Regel kaum etwas Abnormes in seiner Bewegung bemerken. Es springt und läuft ganz geschickt. — Eine so vorübergehende Erscheinung kann man nur als Reiz deuten. Wir reizen nämlich durch das Ausschneiden denjenigen Gehirntheil, von welchem aus der Wille auf die motorischen Nervenapparate wirkt. Der linke Sehhügel steht aber in Verbindung mit dem motorischen Nervenapparat der rechten Körperhälfte. Dieser wird gereizt und diese Reizung hat einen Erfolg, wie sonst der Reiz des Willens, er treibt die rechte Körperseite zu Bewegungen an. — Diesem Reizungszustande müsste nun eigentlich ein Lähmungszustand folgen, was auch wirklich bei Säugethieren der Fall ist. Bei Fröschen tritt aber die Paralyse sehr in den Hintergrund, weil bei Fröschen die Vorstellungen und also auch der Wille ein ausserordentlich beschränktes Terrain haben und durch die reflectirende Thätigkeit, welche vorwaltet, alsbald überdeckt werden.

Reitbahnbewegung.

474. Bei einseitiger Verletzung des Sehhügels von Säugethieren beobachtete zuerst Magendie die von ihm sogenannte Reitbahnbewegung, mouvement de manége, weil die Thiere so im Kreise gehen, wie Pferde, welche an der Leine herumgeführt werden. Diese

Digitized by Google

wurde auch von Longet u. A. wiedergesehen. Wir haben oben schon erwähnt, dass sie auch eintritt, wenn das hintere Ende des Streifenhügels plötzlich durchschnitten wird. Magendie gibt an, dass die Thiere sich immer nach der Seite der Verletzung, Longet, dass sie nach der entgegengesetzten sich bewegen. Dasselbe Verhalten zeigt sich nach beiden Beobachtern am Grosshirnschenkel (pedunculus cerebri). — Schiff sagt, wenn der Schnitt in den vordern Theil des Sehhügels fiele, so wende sich das Thier nach der verletzten Seite, wie Magendie beobachtete; wenn er aber das hintere Drittheil des Sehhügels oder den Hirnschenkel treffe, so finde er gleiche Resultate wie Longet. — Endlich will Brown-Séquard in der hintersten Partie des Hirnschenkels wieder Drehung nach der verletzten Seite gesehen haben. — Ich habe über diese Gehirntheile keine eigene Beobachtungen gemacht und kann daher nicht beurtheilen, wie diese Widersprüche zu erklären sind. Nur auf einen Versuch von Schiff will ich hinweisen, den ich, obgleich ich ihn nicht wiederholt habe, doch nach vielen andern meiner Untersuchungen analoger Art für richtig halte. Wenn man nämlich einen Hirnschenkel, z. B. den linken durchschneidet, so sah Schiff der bleibenden Drehung nach Rechts eine ganz kurz andauernde Drehung nach Links vorhergehen. «Dabei sieht man», sagt er, «wie noch während des Schnittes die Vorderfüsse nach Rechts ausweichen und der Kopftheil des Thieres nach Links geworfen wird.» Er hält die erstern Bewegungen als Producte der Reizung. — Es will mir scheinen, dass die Widersprüche in den Angaben der oben genannten Forscher wenigstens zum Theil darauf beruhen, dass nach Umständen die Erscheinungen der Reizung länger oder kürzer dauern und die der Lähmung früher oder später auftreten. — Wenn Lähmung sich einstellt, so ist es möglich, dass auf der entgegengesetzten Körperseite die Bewegung zunimmt und dadurch Drehungen im Kreise zu Stande kommen. — Bei Menschen sind bei Krankheiten der Sehhügel solche Drehbewegungen, soviel ich weiss, noch nicht beobachtet worden, Druck derselben bringt rasch Lähmung der entgegengesetzten Körperseite hervor.

Eine andre Art von Zwangsbewegungen besteht darin, dass der Körper sich um seine Längenaxe herumrollt. Diese ist auch noch deshalb besonders interessant, weil sie bei Menschen wiederholt beobachtet worden ist. Sie ist von der Reitbahnbewegung nur dadurch verschieden, dass der Körper dabei nicht mehr aufrecht steht, sondern sich wälzt. Ein mit einer Verletzung, welche Rollbewegung hervorruft, versehenes Thier wird gleich nach dem Schnitte ausserordentlich unruhig, bleibt nicht mehr stehen, wirft sich auf die Erde und rollt sich umher,

Digitized by Google

so dass es nach einander auf den Rücken, auf die eine Seite, auf den Bauch, und dann auf die andre Seite geworfen wird. Im Anfange geschieht dies mit ausserordentlicher Schnelligkeit und man hat eine gewisse Gewalt auszuüben, wenn man der Wälzung Einhalt thun will. Hält man das Thier aber fest, so bleibt es dann auch ruhig liegen, aber gewöhnlich nur auf einer Seite, während es höchst unruhig wird, wenn man es auch auf der andern Seite halten will. Ebenso gelingt es leicht, die Wälzbewegungen nach einer Seite zu unterstützen und befördern. Wenn sich das Thier eine Zeit lang herumgerollt hat, so bleibt es auf einer Seite liegen. Dann beginnt es, ohne dass man eine Reizung anzuwenden braucht, dasselbe häufig von Neuem, bis es wieder nachlässt. Ist es erschöpft, so kann man es, wenn man langsam verfährt, auf beide Seiten legen. Sobald es sich wieder erholt, sucht es die alte Lage wieder zu gewinnen. — Die Möglichkeit zu gehen, ist aber aufgehoben. Man kann das Thier zwar aufsetzen, aber dabei sind gewöhnlich der Kopf und Hals nach einer Seite gerichtet, auch die eine Vorderextremität nicht so gerichtet, wie die andere. Man merkt der ganzen Stellung sogleich den Mangel des Gleichgewichts an.

Über die Richtung, in welcher sich die Thiere drehen, und die Erklärung, wie diese sonderbare Erscheinung zu Stande kommt, bestehen wiederum entgegenstehende Ansichten. Ich habe über diesen Gegenstand zahlreiche Untersuchungen angestellt, welche wenigstens unter einander eine gute Übereinstimmung darbieten und manche Widersprüche aufklären; obgleich sie sich noch nicht auf alle einzelne Stellen erstrecken, von denen Rollbewegungen ausgehen können. Die Gegend, welche hier in Betracht kommt, erstreckt sich von der Stelle an, von welcher der erste Halsnerve abgeht, durch die Stränge des verlängerten Marks, die pedunculi cerebelli ad pontem bis zu dem kleinen Gehirne und den crura cerebri.

Alle die Beobachtungen, welche man über das mouvement de manége an Kranken gemacht hat, sowie alle Versuche an Thieren, sind sorgfältig und mit umsichtiger Kritik von Friedberg [1]) zusammengestellt, welcher selbst einen höchst interessanten Fall zu behandeln Gelegenheit hatte. Nachdem ein Schlag auf den Vorderkopf einen früher gesunden sechsundzwanzigjährigen Mann getroffen hatte, fiel derselbe rückwärts mit dem Hinterkopfe auf das Trottoir. — Es war ein Depressionsbruch des vordern obern Winkels des rechten

1) Friedberg, Über die semiot. Bedeutung des unwillkührlichen Reitbahnganges und der unwillkührlichen Umwälzung um die Längenaxe des Körpers, im zweiten Jahrgange des Archivs für Heilkunde, von E. Wagner. 1861.

Digitized by Google

Scheitelbeins vorhanden, in Folge welcher eine Meningitis cerebralis entstanden war und die Trepanation angewandt werden musste. Der Kranke befand sich nachher wieder wohl und hielt sich für genesen. Zehn Monate nach dem Schlage auf den Kopf traten Schwindel, Hinterhauptschmerz, unruhiger Schlaf ein. Eines Morgens zitterte der Kranke vor Frost am ganzen Leibe, bat festgehalten zu werden, erbrach sich, — und als er das Bett verliess und sich nach dem gegenüber stehenden Waschtisch begeben wollte, wurde er wieder von Schwindel ergriffen, wobei es ihn unwiderstehlich nach Links drängte, so dass er den Weg nach dem Waschtische nur taumelnd und in einem weiten, mit der Concavität nach Rechts sehenden Bogen zurücklegte. Dabei blickte er ängstlich und starr auf den Waschtisch hin, hatte aber jedes Mal, wenn er gradeswegs auf den Waschtisch zuschreiten wollte, ein Gefühl, als ob ihn Jemand an der rechten Körperhälfte von Hinten her packte und zurückzöge. — Am folgenden Tage trat der erste Anfall von Wälzung um die Längsaxe des Körpers ein, und zwar von Links nach Rechts. Als er sich drei Mal herumgerollt hatte, bat er die Wärterin, sie möge ihn festhalten, weil Alles so eigenthümlich sich um ihn herumdrehe. Sollte der Rumpf aufgerichtet werden, so war dies nur sehr allmählich zu Stande zu bringen, wobei sich stets der Kopf nach Rechts um wendete, so dass das Kinn sich der rechten Schulter näherte und die rechte Gesichtshälfte sich nach Hinten und ein wenig nach Aufwärts wendete. Der Oberkörper drehte sich gleichfalls nach Rechts. Die Extremitäten folgten bald willig, bald setzten sie sich der Flucht des Rumpfes entgegen. — Die Obduction zeigte eine bedeutende Erweichung und Zerstörung in der Hemisphäre des kleinen Gehirns und des pedunculus cerebelli ad pontem auf der linken, d. h. derselben Seite, wohin die Drehung erfolgt war.

Dr. Fürstenberg theilte mir einen an einem Hunde gut beobachteten Fall mit, in dem das Thier in Folge einer durch die Obduction constatirten Erweichung des rechten Kleinhirns beständig von der linken nach der rechten Seite sich herumwälzte. Auf der rechten Seite konnte es nicht stehen, sondern fiel, wenn es aufgestellt wurde, stets dahin um.

Bei meinen Versuchen an Thieren habe ich nicht selten beobachtet, dass wenn der pedunculus cerebelli, sowie die Nachbartheile am verlängerten Marke durchschnitten wurden, der Körper gleich nach der Operation zuweilen sich nach einer andern Seite hindrehte, als später. So sah ich z. B. nach Durchschneidung des linken corpus restiforme erst eine Rollbewegung nach Rechts, und später erst nach Links eintreten und bleiben. Manchmal ist die erste Bewegung sehr vorübergehend; manchmal dauert sie länger. Man kann diese Er-

Digitized by Google

scheinung nicht anders auffassen, als erst eine Reizung und dann eine Lähmung anzunehmen. So betrachtet auch Friedberg, wie ich glaube, mit Recht die verschiedenen Drehungsrichtungen in Krankheiten. Dadurch werden manche Widersprüche aufgeklärt. — Magendie fand, dass bei Verletzungen eines pedunculus cerebelli ad pontem das Thier sich immer nach der Seite der Verletzung dreht; Longet nach der entgegengesetzten; Schiff gibt hinsichtlich des pedunculus Magendie Recht, hingegen glaubt er, dass bei Verletzung einer Hemisphäre des kleinen Gehirns die Drehung nach der gesunden Seite erfolge. — In Betreff des pedunculus stimmen meine Beobachtungen vollständig mit denen von Magendie und Schiff überein. Ich sah wohl vorübergehend das Thier nach der gesunden Seite wälzen, aber dann beständig nach der verletzten, und ich bin der Meinung, dass dies als feststehend betrachtet werden darf. — Hingegen ist sicher nicht richtig, wenn Schiff nach Durchschneidung eines Kleinhirnlappens eine Rollung nach der gesunden Seite angibt. Es hängt dies gewiss von der Art des Schnittes ab, denn ein Längsschnitt hat unfehlbar andere Wirkungen als ein Querschnitt. Es ist oben p. 749 ein Versuch erzählt, wo nach völliger Durchschneidung des Kleinhirns gar keine Rollung, sondern nur eine Lähmung auf der entgegengesetzten Seite eintrat.

Vor Kurzem haben Gratiolet und Leven [1]) gleichfalls Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt. Sogleich nachdem sie mittelst eines Vertikalschnitts durch ein kleines Loch im Hinterhaupt das kleine Gehirn zerschnitten hatten, drehte sich das Thier nach der verletzten Seite. Das Auge von dieser Seite war nach Hinten und Unten, das Auge der gesunden nach Vorn und Oben gerichtet. Auch die Verdrehungen des bulbus habe ich gleichfalls in dieser Weise beobachtet.

Die Erklärung der Dreh- und Rollbewegung ist nicht schwer zu geben. Wird nämlich ein Schnitt durch das kleine Hirn oder den pedunculus cerebelli ad pontem oder die Nachbartheile gemacht, so wird der motorische Nervenapparat auf derselben Rückenmarksseite gelähmt, und die entgegengesetzte Seite bekommt das Übergewicht. Hingegen kann es vorkommen, dass Anfangs erst Reizungserscheinungen vorhergehen, und daher die Drehung in umgekehrter Richtung wie später erfolgt.

Drehungsbewegungen durch Verletzung der halbzirkelförmigen Kanäle.

474. Sehr auffallend wirkt nach Flourens [2]) die Verletzung der halbzirkelförmigen Kanäle. Werden auf beiden Seiten die horizontalen

1) Gratiolet und Leven in C. r. 1860. II, 917.
2) Flourens in C. r. 1861. I, 673. — Czermak, ib. 1860. II, 821.

Digitized by Google

durchschnitten, so bewegt sich plötzlich der Kopf von Rechts nach Links, und umgekehrt, und das Thier dreht sich in horizontaler Richtung; werden die beiden untern vertikalen Kanäle durchschnitten, so bewegt sich der Kopf plötzlich von Unten nach Oben, und umgekehrt, und der Körper überschlägt sich von Vorn nach Hinten; werden endlich die beiden obern vertikalen Kanäle durchschnitten, so bewegt sich der Kopf plötzlich von Oben nach Unten, und umgekehrt, das Thier überschlägt sich von Hinten nach Vorn.

Drehungen durch Ausreissen der n. faciales.

475. Auch durch Verletzung der Ursprungsstelle der n. faciales können Bewegungserscheinungen der Art entstehen. Brown-Séquard und H. Magron beobachteten, wenn der n. facialis vom verlängerten Marke bei Kaninchen losgerissen wird, dass sich nach vorhergehenden, unregelmässigen Körperbewegungen der Kopf nach der entgegengesetzten Seite beugt, die Muskeln der Wirbelsäule an der entgegengesetzten Seite sich contrahiren und selbst Drehbewegungen entstehen. [1]) Wahrscheinlich kommt die Verletzung der Ursprungsstelle in Betracht.

E. Mitbewegungen.

Mitbewegungen, nicht experimentell nachweisbar.

476. Man versteht unter Mitbewegungen solche, welche neben den intendirten willkührlichen Bewegungen gegen den Willen erfolgen (J. Müller) [2]). Sie schliessen sich also den willkührlichen sehr genau an. Mitbewegungen anderer Art sind bis heute nicht mit einiger Sicherheit dargethan. Ich meine nämlich solche, welche durch eine andere Erregung als den Willenseinfluss hervorgerufen werden. Man hat nämlich niemals beobachtet, dass wenn durch irgend einen Reiz ein motorischer Nerve, z. B. eine vordere Wurzel gereizt worden wäre, dadurch eine Bewegung in einem andern Muskel entstand, als in dem von dem gereizten Nerven versorgten. — Man könnte nun freilich aus einer solchen Thatsache noch nicht folgern, dass von dem Rückenmarke und dem verlängerten Marke aus durch Reizungen Übertragungen der Art nicht von einem motorischen Nerven auf den andern Statt fänden. Denn es ist ja noch nicht über allen Zweifel erhoben, ob Reizungen der motorischen Nerven sich nicht auch in centripetaler Richtung fortpflanzen (s. p. 652). Jenen Beweis aber zu führen, ob ein auf einen Centraltheil, oder genauer gesprochen, auf eine Ganglienzelle, welche motorischen Nerven ihren Ursprung gibt, angewandter Reiz auch auf andere Ganglien derselben Art über-

---

1) Vgl. Schiff, Phys. I, 308.
2) J. Müller, Phys. I, 587.

Digitized by Google

springe, ist bis jetzt auf direktem Wege noch nicht möglich. Man weiss einmal noch nicht den Zusammenhang eines jeden Rückenmarktheils mit den peripherischen Bezirken, und wenn man diesen wüsste, so könnte doch eine künstliche Reizung nicht auf so beschränkte Räume eines oder auch einiger Ganglienzellen sich beziehen.

Herzbewegung eine Mitbewegung.

477. Zu den Mitbewegungen, welche nicht vom Willen ausgehen, könnte man möglicher Weise die Herzbewegungen zählen, welche sich bekanntlich nach der Häufigkeit des Athmens richten. Es ist dies jedoch keineswegs ausgemacht, indem man nicht sicher ist, ob nicht die Veranlassung, welche das Athmen häufiger oder seltener macht, gleichzeitig auch auf das Herz wirkt, s. u. Athembewegungen.

Einfluss des Willens auf Mitbewegungen.

478. Mit dem Willenseinflusse ist es ein Anderes. Der Wille des Menschen hat nicht von vornherein die Fähigkeit, die bestimmten Nervenpartien, deren Thätigkeit die intendirte Bewegung veranlasst, zu reizen. Sie muss vielmehr durch Versuche die rechten heraussuchen. Unser sensorium wird erst durch den Gesichts- und Tastsinn, sowie durch das Gefühl belehrt, dass wirklich die richtige Bewegung gelungen sei. — Dass der Wille überhaupt gewisse Bewegungen zu bezwecken vermag, geht bei Menschen wenigstens in der Regel, erst aus der Erkenntniss dieser Bewegungen hervor. Das Kind muss erst diese Bewegungen gesehen oder gefühlt haben, ehe der Wille sie zu reproduciren versucht. — Durch diese Procedur des Gefühls wird der Wille annähernd auf die Stelle hingewiesen, auf welche er zu wirken beabsichtigt. Diese Stelle wird durch das Gedächtniss festgehalten; es gibt von jedem Köpertheile eine solche repräsentirende Stelle für die rechte und für die linke Hälfte. — Der Wille erlangt durch Übung immer mehr und mehr die Fähigkeit, die einzelnen Regionen abzusondern und discrete Muskelpartien zu irritiren. — Es wird um so schwieriger, einzelne Bewegungen zu isoliren, je inniger die Muskeln mit einander verbunden sind, so z. B. kostet es viele Anstrengungen, bis man im Stande ist, einzelne Gesichtsmuskeln zu bewegen; die einen spielen in die Contractionen der andern über. Bei der Intention, die Muskeln des äussern Ohres zu bewegen, ziehen sich der m. frontalis und occipitalis zusammen, mit einem Dammmuskel auch sehr leicht alle übrigen, mit dem Bündel eines Fingerstreckers auch die der übrigen. Wollen wir ein Auge heben, so hebt sich gern das andere mit, ebenso ahmt das eine die Verschliessung des andern durch den orbicularis palpebr. nach. Beim Kegelschieben bewegt sich auch der Arm der Seite, welche die Kugel nicht hält, und so gibt es unendlich viele Beispiele, welche das Gleiche lehren. Durch Übung wird endlich im Gebrauche einzelner Muskeln und Muskelbündel eine grosse Virtuosität erreicht.

Digitized by Google

Mitbewegung der iris.

479. Besonders interessant ist die Mitbewegung der iris, wenn der Augapfel sich nach Innen wendet. Jedesmal wird letztere Bewegung von Verengerung der Pupille begleitet. Der m. oculomotorius steht beiden Bewegungen vor. — Wenn die Pupille einer Seite sich verengt, so geschieht dasselbe auf der andern.

Mitbewegung der Augenmuskeln.

480. Bemerkenswerth ist, dass, wenn das eine Auge sich nach Aussen wendet, das andere nicht auch nach Aussen gerichtet wird, sondern nach Innen. Der Wille wirkt also gleichzeitig auf den m. rectus externus und internus, von denen jener vom n. abducens, dieser vom n. oculomotorius versorgt wird. Dieses gibt einen Fingerzeig, wie wir die Einwirkung des Willens uns hiebei zu denken haben. Wenn derselbe auf eine Nervenpartie wirkt, so nimmt nicht die gleichnamige, durch eine mechanische Verbindung dazu veranlasst, Theil daran, sondern es gibt sich zunächst die allgemeine Intention des Willens, eine zweckmässige Bewegung herbeizuführen, kund, nämlich nach Rechts oder Links. Bei dem Gebrauche der beiden gleich guten Werkzeuge zu diesem Zwecke kostet es eine Anstrengung, das eine allein heraus zu nehmen und das andere zu lassen.

F. Tonus und antagonistische Bewegungen.

Definition von Tonus.

481. Unter Muskeltonus versteht man eine continuirliche geringe Contraction der Muskeln, welche durch eine dauernde Erregung des Rückenmarks unterhalten wird.

Erscheinungen.

482. Die wesentlichen Beobachtungen für diese Annahme sind folgende: a) «Durchschnittene Muskeln ziehen sich zurück.» Diese Erscheinung hängt jedoch, wie E. Weber gezeigt hat, nicht von den Nerven und von der Contractilität der Muskeln, sondern von der Elasticität derselben ab, und kommt auch nach dem völligen Nerventode zu Stande. b) «Der m. sphincter ani soll beständig in Folge des tonus geschlossen sein.» Dass dies nicht der Fall sei, habe ich schon vor langer Zeit (1840) gezeigt, s. p. 223.

Versuche Hall's.

483. c) «M. Hall hatte zwei Kaninchen den Kopf abgeschnitten und dem einen auch das Rückenmark zerstört, bei dem andern dasselbe unversehrt gelassen. Die Extremitäten des erstern waren völlig erschlafft, die des letztern behielten einen gewissen Grad von Festigkeit und Elasticität.» Da indess nach Zerstörung des Rückenmarks keine äussere Erregung mehr wirkt und keine Spur von Reflexbewegung mehr zu Stande kommt, so lässt sich gar nicht beurtheilen, ob nicht der «gewisse Grad von Festigkeit und Elastizität», welcher bei dem Thiere mit unversehrtem Rückenmarke bestehen blieb, durch die Erregung der äussern Haut hervorgebracht wird, welche doch nicht vermieden werden kann.

Digitized by Google

Versuche Heidenhain's.

484. Heidenhain [1]) suchte auf experimentellem Wege zu zeigen, dass nach Durchschneidung eines Nerven der davon versorgte lebensfähige Muskel nicht verlängert wird. Er beobachtete dies mit grösster Genauigkeit an den Schenkelmuskeln von Fröschen und Kaninchen, denen der n. ischiadicus durchschnitten war. — Die Versuche wurden im Allgemeinen von Auerbach [2]) und Wundt [3]) bestätigt. Indess ist nicht zu verkennen, dass während der Durchschneidung der Muskel zuckt, wodurch die Beobachtung erschwert wird. — Brondgeest [4]) wandte deshalb eine andere Methode an. Er durchschnitt einem Frosch das Rückenmark unter dem verlängerten Mark, legte beide Schenkelnerven bloss, durchschnitt einen und brachte beide wieder unter die Muskeln. Ein solcher Frosch wurde frei aufgehängt, wobei sich zeigte, dass auf der Seite, auf welcher der Nerv durchschnitten war, alle Gelenke schlaffer, gestreckter, weniger gebeugt sind. Diese Resultate wurden auch von Hermann [5]) bestätigt, während Jürgensen [6]) sie für nicht völlig massgebend hält.

Antagonistische Bewegungen.

485. An die Lehre vom tonus schliesst sich eng die der antagonistischen Bewegungen an. Unter ihnen versteht man solche Bewegungen, welche spontan zu Stande kommen, wenn gleichnamige Nerven oder Muskeln der andern Körperseite, oder nach entgegengesetzter Richtung wirkende Muskeln oder Nerven in ihrer Thätigkeit gehemmt werden. Folgendes sind Beispiele antagonistischer Bewegungen. Nach Lähmung eines n. facialis verzieht sich die Gesichtshälfte der andern Seite. Bei Lähmung eines n. hypoglossus weicht die herausgestreckte Zunge nach der kranken Seite hin aus. Bei Resection des Unterkiefers, bei welcher der vordere Anheftungspunkt der Zunge verloren geht, wird der hintere Theil derselben plötzlich nach Hinten gezogen und kann Erstickungsfälle veranlassen. — Man muss aber bei allen diesen Bewegungen bedenken, dass der Einfluss des Willens und der Gewohnheit sehr dabei in Betracht kommt. Die Bewegungen des Gesichts sind in der Mehrzahl der Fälle von der Art, dass beide Hälften daran Theil nehmen. Ist nun eine Hälfte gelähmt, was sogleich gefühlt wird, wenn der Afficirte Bewegungen auszuführen sucht, so ist das Bestreben, eine Ausgleichung durch die

---

1) Heidenhain, Phys. Studien. Berlin 1856. p. 9.

2) Auerbach im Jahresber. der schles. Gesellschaft für vaterl. Kultur. 1856. p. 32.

3) Wundt, Lehre von den Muskelbew. Braunschweig 1858.

4) Brondgeest in Holl. Beiträge. 1860.

5) Hermann in Arch. für Anat. 1861. p. 350.

6) Jürgensen in Heidenhain's Studien. Breslau 1861. p. 130.

Digitized by Google

gesunde Seite herbeizuführen, instinktmässig vorhanden. Bei jeder willkührlichen Bewegung wiederholt sich dies Streben, und es prägen sich sehr leicht bleibend gewisse Züge auch in der Ruhe aus. Nun werden aber unendlich häufig kleine Gesichtsbewegungen gemacht und namentlich haben die Vorstellungen einen grossen Einfluss auf den n. facialis, der auch deshalb mimischer Nerve heisst. Andral [1]) bemerkt, dass in der Ruhe und wenn der Mund geschlossen sei, die Abweichung der Lippe nach der gesunden Seite bei Apoplectischen oft gar nicht bemerkt werden könne und dann erst auffalle, wenn der Kranke spreche oder lache. — Bei Lähmung des n. facialis kommt auch noch das Athmen in Betracht. Wenn auch an dem ruhigen Athmen die Gesichtsmuskeln nur wenig Antheil nehmen, so sind sie doch nicht ganz ausgeschlossen, besonders die der Nase. Die veranlassende Ursache zum Athmen, welche dieselbe geblieben ist, wird stärker auf die gesunde Seite wirken, wenn die entgegengesetzte gelähmt ist. —

Wie leicht eine Gesichtsbewegung durch Gewohnheit bleibende Veränderung hervor bringt, sieht man sehr oft bei Menschen, welche früher sich eine solche Bewegung angewöhnt hatten. Man erblickt diesen Zug sogleich im Gesichte, auch zur Zeit, wenn die Bewegung nicht gemacht wird.

Es ist etwas ganz Analoges, wenn der Willenseinfluss oder ein anderer Reiz auf einen oder mehre Stämme von Nerven wirkt, von denen einzelne durch irgend eine Ursache gelähmt sind. Es würde dadurch eine einseitige stärkere Bewegung erzeugt werden müssen. Angenommen, es enthalte ein Nervenstamm zwei Äste noch dicht neben einander liegend, von denen der eine zu den Extensoren, der andere zu den Flexoren eines Gliedes hinginge, und man galvanisirte diesen Stamm, so würden sich alle Muskeln contrahiren und diejenigen, welche vor den andern das Übergewicht hätten, würden der Gesammtbewegung den Ausdruck geben. Wären dies beispielsweise die Strecker, so würde das Glied gestreckt bleiben, und die Beugung würde nicht zur Erscheinung kommen. Wenn nun von den beiden Ästen derjenige, welcher der Streckung vorsteht, durchschnitten würde, so entstünde natürlich bei gleicher Reizung bloss eine Beugung. Diese Beugung ist in dem von uns supponirten Falle vorher gar nicht hervorgetreten, weil sie durch die nach entgegengesetzter Richtung wirkende Bewegungskraft der Strecker ganz aufgewogen worden ist. Während also die Beugung früher $=0$ war, ist sie nach Elimination der Streckung zu einer numerisch ausdrückbaren Grösse

1) Andral, Cl. med. V, 360.

Digitized by Google

gewachsen. — Unter analogen Umständen wird also der Wille in gleicher Weise, wie der galvanische Reiz wirken. — Krankheitsfälle und auch physiologische Versuche scheinen darzuthun, dass wirklich die motorischen Apparate je für Beugung und Streckung an bestimmte Theile des Rückenmarks verlegt sind. Doch sind die Erfahrungen hierüber noch nicht ausreichend. [1])

Wie der Wille eine Bewegung beständig ausführt, sehen wir nicht selten bei Menschen, welche auf einer Seite des Körpers eine besondere Empfindlichkeit der untern Extremität haben. Bei allen ihren Bewegungen neigen sie den Körper auf die gesunde Seite, und es nimmt daher dieser eine seitlich abweichende Richtung an. — So gibt es noch manche Beispiele anhaltender willkührlicher Bewegungen, um einem unangenehmen Gefühle zu entgehen. — Schiff führt als beständig das ganze Leben hindurch wirkende Muskeln die an, welche bei Singvögeln die alula in die Höhe halten, welche nach dem Tode oder dem Durchschneiden der Armnerven sogleich herabsinkt, ferner die Muskeln, welche die Schwanzgabel der Poduren gleichfalls ununterbrochen nach vorn treiben. — Ich vermag nicht zu entscheiden, wieviel hiebei auf Rechnung des Willens der Thiere kommt.

Alle beständigen Bewegungen, welche durch den Willensact erhalten werden, rechnet man nicht zu den eigentlich antagonistischen, auch wenn sie nach der Vernichtung einer andern Bewegungsquelle entstehen, welche in einer entgegengesetzten Richtung waltete. Vielmehr stellt man sich vor, wenn man von einem antagonistischen Einflusse des Nervensystems spricht, dass in zwei Partien je eine Kraft thätig sei, welche der andern die Wage hält, wodurch also die Wirkung nicht zur Erscheinung kommen kann. Erst dann müsste die eine, wie losgelassen, plötzlich auftreten, wenn die andere zerstört wäre.

Die bisher angeführten Beispiele machen eine solche Annahme nicht nothwendig. Wenn sie begründet werden soll, so wäre zu untersuchen, ob eine beständige Erregung auf das Nervensystem nachzuweisen oder wenigstens zu vermuthen wäre. — Es gibt nun allerdings einen Stoff im Körper, den man als Reiz ansprechen könnte, und der auch unaufhörlich mit dem Nervensystem in Verbindung tritt, nämlich Kohlensäure. Es ist wahrscheinlich, dass die CO_2 das

1) Man vgl. Omodei in Ann. Un. di med. 1824. p. 425. — Valentin, De funct. nerv. p. 133. — Budge, Unters. über das Nervens. Frankfurt 1841. p. 33. — Engelhardt in Müller's Arch. 1841. — Harless, ebend. 1845. — Ollivier, Traité des malad. de la moëlle ép. Paris 1837. II, 384. — Rüllier in Magendie Journ. 1823. p. 173. — Volkmann in Müller's Arch. 1845.

Digitized by Google

wesentliche Erregungsmittel ist, durch welches das scheinbar spontan auftretende Athmen das ganze Leben hindurch unterhalten wird. Wenn dem so ist, so sollte man denken, müsste dieselbe CO_2, welche an alle Theile des Centralnervensystems gelangt, auch überall erregend wirken und eine beständige Bewegung unterhalten. — Von theoretischer Seite steht der Annahme eines tonus Nichts, wie mir scheint, im Wege.

Antagonistische Bewegungen in Organen mit glatten Muskelfasern.

486. In den Bewegungen, welche von den Muskeln mit glatten Fasern ausgeführt werden, gibt es Erscheinungen, welche bis jetzt kaum anders, als durch tonus zu erklären sind. Dahin gehören folgende. Nach Durchschneidung der Gefässnerven erweitern sich fast plötzlich die Arterien (vgl. p. 289); nach Durchschneidung des n. sympathicus am Halse verengt sich augenblicklich die Pupille (s. u. Bewegung der Iris), ähnliche Erscheinungen werden wir bei den Bewegungen des Darmkanals finden. — Hingegen halte ich den tonus des sphincter vesicae (s. p. 509) für problematisch.

Tonus ist wahrscheinlich vorhanden.

487. Wenn nun der tonus in Organen mit glatten Muskelfasern sehr wahrscheinlich, auch fast allgemein angenommen ist, wenn ferner auch die Athembewegung auf einem analogen Princip zu beruhen scheint, so enthält dadurch die Annahme eines tonus für alle Muskeln eine grosse Stütze, d. h. also, dass die Centralnerventheile einer geringen, aber fortdauernden Erregung (durch die CO_2 des Blutes?) ausgesetzt sind. Die Lehre von den antagonistischen Bewegungen bedarf daher meiner Meinung nach einer grössern Beachtung, als ihr in der neuern Zeit geschenkt worden ist.

G. Reizbewegung.

Reizbewegung.

488. Unter Reizbewegung versteht man diejenige, welche durch directe Reizung eines motorischen Nerven und zwar nur in den Muskeln entsteht, zu denen der gereizte Nerve hingeht. Übertragung der Erregung eines andern Nerven auf denjenigen, welcher zu den in Contraction versetzten Muskeln gehört, wird also nicht zu den veranlassenden Ursachen von Reizbewegungen gezählt werden können. In den Nerven, auf welche der Wille einzuwirken vermag, kommt, wie es scheint, diese Art von Bewegung wohl niemals vor; vielleicht aber in krankhaften Zuständen. So würde es als Reizbewegung gelten müssen, wenn ein Exsudat oder eine pathologische Neubildung eine oder mehre vordere Wurzeln, oder den n. trochlearis, facialis etc. reizte. — Wenn es sich bestätigt, dass es Fälle gibt, in welchen eine progressive Muskelatrophie von einer Entartung der vordern Wurzeln herrührt (Cruveilhier), so wäre dies als eine Lähmung aufzufassen, welche sich an die Reizbewegung anschliesst.

Digitized by Google

Hingegen ist es fraglich, ob diejenigen Bewegungen, auf welche der Wille nicht zu wirken vermag, wie die des Herzens, der Gedärme, der Blase etc. nicht durch Einwirkung des Inhalts dieser Organe auf die in ihnen verbreiteten Nerven angeregt werden, also Reizbewegungen sind.

H. Unwillkührliche Bewegungen.

Unwillkührliche Bewegungen.

489. Da die Erklärung der Wirkungen des Nervensystems auf unwillkührliche Bewegungen die Lehre von den Ganglien voraussetzen wird, so wird über diesen Gegenstand geeigneter unten (n. sympathicus und Gangliensystem) die Rede sein.

1) Bewegung der iris. [1])

Function der iris.

490. Die hauptsächlichste Function der iris besteht darin, zur Netzhaut die geeignete Lichtmenge zuzulassen, d. h. bei Abnahme des Lichts möglichst viele Strahlen, bei hellem Lichte eine geringere Menge derselben, mit steter Rücksicht auf den Erregbarkeitszustand der Netzhaut. Dieser Zweck ist dadurch erreicht, dass die Pupille weiter und enger werden kann, je nach der Menge des vorhandenen Lichtes und je nach der grössern oder geringern Erregbarkeit der retina. Durch meine ausgedehnten Untersuchungen ist es gelungen, den Zusammenhang der Irisnerven mit ihren Centraltheilen, sowie den gesammten Verlauf derselben kennen zu lernen und den künstlichen Mechanismus in diesem ziemlich complicirten Hergange in ein helleres Licht zu setzen.

Muskeln und Nerven der iris.

491. In der iris sind zwei Muskeln vorhanden, der eine schmälere, sphincter pupillae, begränzt kreisförmig den Rand der Pupille und verengt dieselbe durch seine Verkürzung; der andere breitere, dilatator pupillae, erstreckt sich radienförmig nach Aussen, und bewirkt durch seine Verkürzung Erweiterung der Pupille. — Für jeden dieser Muskeln ist ein Nerve bestimmt, ein Zweig des n. oculomotorius, nämlich die sogenannte radix brevis ganglii ciliaris für den sphincter, die sogenannte radix sympathica ganglii ciliaris für den dilatator. Man kann dies dadurch beweisen, dass, wenn man den Stamm des einen oder des andern Nerven reizt, wodurch natürlich auch die betreffenden Stämmchen mit gereizt werden, sich in dem einen Falle,

1) Vgl. Budge, Bewegungen der iris. Braunschweig 1852. — Hier findet sich die gesammte Literatur angegeben.

Digitized by Google

nämlich bei Reizung des oculomotorius, die Pupille verengt, in dem andern sie sich erweitert. Es ist klar, dass von der Ursprungsstelle beider Nerven aus diese Wirkungsart gleichfalls erzielt werden kann. Mittelst der Reizungsmittel vermag man also auch die Bahn der beiden Nerven zu bezeichnen.

Reizung des n. oculomotorius.

492. Reizt man den n. oculomotorius am Besten gleich nach dem Tode bei Menschen, Säugethieren oder Vögeln von der Stelle, wo er neben den pedunculi zum Vorschein kommt, bis zum Eintritt in die orbita, so verengt sich augenblicklich die Pupille. [1]) Vgl. u. n. oculomotorius.

N. sympathicus cervicalis.

493. Was den Nerven anlangt, welcher den dilatator pupillae beherrscht, so weiss man zuerst durch Biffi, dass Reizung des n. sympathicus am Halse die Pupille erweitert, obwohl schon viel früher durch Petit bekannt war, dass Durchschneidung dieses Nerven die entgegengesetzte Wirkung, Verengerung der Pupille, veranlasst. Durch meine Versuche ist ausgemittelt, dass der Theil des n. sympathicus, welcher den dilatator beherrscht, also die sogenannte radix sympathica, ihre Bahn im Halssympathicus hat, aber von zwei Quellen her seine Fasern bezieht; wie dies auch bei manchen andern Nerven der Fall ist. So bezieht beispielsweise der n. phrenicus aus dem dritten und vierten und gewöhnlich noch aus einem tiefer liegenden Halsnerven seine ihn zusammensetzenden Fasern; diese sind zwar hauptsächlich für das Zwerchfell, jedoch nicht allein für dasselbe bestimmt. Viel complicirter, als der n. phrenicus, ist der n. sympathicus cervicalis. Wir haben hier nur diejenigen Fasern ins Auge zu fassen, welche auf die iris Bezug haben. Diese laufen von Unten nach Oben in dem oben genannten Nerven. Man kann vom ersten Brustganglion an (bei Kaninchen) durch Reizung desselben bis zum Eintritte in den bulbus Erweiterung der Pupille erzielen. Niemals aber gelingt es, wenn man den Brust- oder Bauchsympathicus galvanisirt, irgend eine Veränderung der iris zu beobachten. In dem Halstheile und Kopftheile des n. sympathicus allein verlaufen also die Fasern für den dilatator. Diese Fasern kommen aus dem Rückenmarke hervor, und zwar aus einem untern und einem obern Theile desselben. Der untere Theil, centrum ciliospinale inferius, erstreckt sich vom Abgange des sechsten Hals- bis zum zweiten Brustnerven. Wird diese Stelle gereizt, so erweitern sich sogleich beide Pupillen; hat man beide Rückenmarkshälften durchschnitten

1) Über Verengerung der Pupille nach Reizung des n. oculomotorius, vgl. H. Mayo in Journ. de phys. expér. 1823. III, 348. — Valentin, De funct. nerv. Bern 1839. p. 18. — Longet, An. und Phys. des Nervens., übersetzt von Hein. II, 325. — Budge, Beweg. der Iris. p. 83.

Digitized by Google

und zwischen beide ein Glasstäbchen gelegt, so bringt Reizung der rechten Rückenmarkshälfte Erweiterung der rechten Pupille, Reizung der linken Hälfte Erweiterung der linken Pupille hervor. Hat man einen n. sympathicus cervicalis unterbunden oder durchschnitten, so bleibt an dieser Seite die Wirkung auf die Pupille aus und erscheint bloss an der andern. Galvanisirt man das Rückenmark jenseits der oben angegebenen Gränzen, so sieht man bei etwas beträchtlicher Stromstärke durch Stromschleifen Erweiterungen der Pupille auch entstehen. Man darf deshalb sich nur mässiger Reize bedienen. Oder um noch sicherer zu sein, nehme man das Halsrückenmark heraus und bringe die Electroden in die foramina intervertebralia der verschiedenen Hals- und Brustnerven. Man wird dann auch sich überzeugen, dass das centrum ciliospinale inferius so begränzt ist, wie ich angegeben habe. [1])

Ausser diesem centrum gibt es noch ein oberes, welches mit dem obern Halsganglion in Communication steht und in der Umgebung des n. hypoglossus seinen Sitz hat. Dieses lässt sich durch Reizung nicht nachweisen, weil es zu nahe dem Ursprunge des n. trigeminus liegt, welcher gleichfalls auf die Pupille Einfluss hat (s. n. trigeminus), wohl aber durch Zerschneidung des betreffenden Communicationszweiges.

Wird der n. sympathicus am Halse durchschnitten, so verengt sich, wie zuerst Petit [2]) beobachtete, sehr rasch die Pupille; es entsteht also die umgekehrte Wirkung, als wie durch Reizung. Denselben Erfolg sieht man, wenn das untere Halsganglion und das obere Brustganglion von allen seinen Verbindungen gelöst wird, ohne es selbst zu verletzen. Dieser schwierige Versuch ist mir einmal vollständig bei einem Hunde gelungen, es hing also die iris mit dem n. sympathicus bis zum obern Brustganglion zusammen. Die Pupille verengte sich alsbald. — Dasselbe Phänomen

1) Es ist daher nicht richtig, wenn Schiff, Physiologie. I, 387, bemerkt, „die Centraltheile des Irissympathicus liegen im Rückenmarke (Valentin), hören nach Unten etwa am zweiten oder dritten Brustwirbel auf und erstrecken sich nach Oben bis etwa gegen die obere Gränze des verlängerten Marks.“ Denn man wird niemals die geringste Veränderung der iris sehen, wenn man die vier obern Cervikalnerven reizt und dafür sorgt, dass Stromschleifen vermieden werden; und man kann daher nicht von einer Spinalquelle der iris sprechen, deren Nervenfasern am obern Theile des Rückenmarks entspringen. Alle die zum n. sympathicus aus den obern Cervikalnerven kommenden Fäden laufen zum ganglion cervicale supremum. Man kann aber alle diese Communicationsfäden durchschneiden, ohne den geringsten Einfluss auf die Irisbewegung zu erzielen. Es handelt sich auch hier gar nicht mehr um eine Theorie, sondern es ist eine, von allen Physiologen beglaubigte Thatsache.

2) Petit in Mém. de l'acad. des Sc. Année 1727. p. 1.

Digitized by Google

tritt, wenn das centrum ciliospinale inferius an einer Seite weggenommen worden ist, an der entsprechenden iris ein. — Ausserdem beobachtete Waller und ich, jeder unabhängig von dem andern, dass nach Durchschneidung des n. sympathicus am Halse derjenige Theil fettig degenerirt, welcher nicht mehr mit dem Rückenmarke communicirt, der andere aber wohl erhalten bleibt. Diese fettige Degeneration ist aber nach Waller's Beobachtung nicht mehr oberhalb des ganglion cervicale superius an allen Fasern zu beobachten. — Noch mehr in die Augen springend sind folgende von Waller und mir gemachten physiologischen Beobachtungen. Wenn man bei einem Thiere (Kaninchen) den n. sympathicus cervicalis unterhalb des ganglion cervicale supremum durchschneidet, so ist nach Verlauf von etwa 14 Tagen die Nervenpartie, welche zwischen dem Schnitte und dem ganglion supremum liegt, d. h. diejenige, welche vom centrum ciliospinale inferius getrennt ist, bis zum ganglion supremum, ganz reizlos. Die Pupille ändert sich trotz der stärksten galvanischen Irritationen nicht mehr, weder während des Lebens, noch nach dem Tode. — Wenn man hingegen gleich nach der Tödtung eines solchen Thieres von dem genannten ganglion supremum an bis zum bulbus und auf diesem selbst die Reizung anbringt, so sieht man die eclatanteste Wirkung. — Wird das ganglion supremum selbst exstirpirt, so endet nach einigen Tagen die Reizbarkeit ganz; man wird dann vergeblich oberhalb des ganglion den plexus caroticus reizen. Ebenso wenig wird man die Pupille zu erweitern vermögen, wenn man nach der Tödtung eines solchen Thieres die Electroden auf den bulbus setzt; vielmehr bemerkt man im Anfange, solange der n. oculomotorius noch erregbar ist, Verengerung. Hat die Erregbarkeit des oculomotorius aufgehört, so bleibt jede Bewegung der iris aus. Ich habe nun aber gefunden, dass man alle Fäden, welche mit dem ganglion supremum in Communication stehen, mit Ausnahme von einem einzigen, bei Kaninchen durchschneiden kann, ohne die Erregbarkeit des Irissympathicus aufzuheben. Sobald aber auch dieser feine Zweig, der mit dem n. hypoglossus zusammenhängt [1]), durchschnitten war, so ist die Fortsetzung des n. sympathicus jenseits des obern Halsganglion ebenso reizlos in Betreff der iris geworden, als ob man das ganglion selbst exstirpirt hätte. — (Bei Fröschen bringt Durchschneidung des n. hypoglossus selbst zuerst in Folge des Reizes Erweiterung, später Verengerung hervor.) — In einem Falle ist es mir auch gelungen, nach dem Tode eines Kaninchens dieses feine Fädchen

1) Er kommt nach Luschka auch beim Menschen vor.

Digitized by Google

noch reizbar genug zu finden, so dass durch Galvanisirung desselben deutliche Pupillenerweiterung entstand.

Anregungen der beiden Nerven.

494. Sollen die beiden Nerven, welche der Verengerung und Erweiterung der Pupille vorstehen, ihren Zweck erreichen, und der Pupille je nach dem Lichtbedürfnisse und je nach der Erregbarkeit der Netzhaut den angemessenen Durchmesser verleihen, so müssen ihnen die Impulse dazu im rechten Masse und zu rechter Zeit dargeboten, sie müssen angeregt werden. Während bei dem einen der beiden Nerven, dem n. oculomotorius, das Licht die mittelbare Anregung ist, sind wir bei dem andern, dem n. sympathicus cervicalis, bis jetzt nicht im Stande, eine solche nachzuweisen. Nur so viel ist sicher, dass, sobald der n. oculomotorius in seiner Thätigkeit nachlässt oder ganz unthätig wird, sich gewissermassen von selbst der n. sympathicus wirksam zeigt. Nicht nur nach Lähmung des n. oculomotorius, sondern auch beim Eintritt des allgemeinen Todes sehen wir die Pupille sich erweitern. Es ist daher wahrscheinlich, dass eine stets wirkende Ursache vorhanden sei, welche den n. sympathicus oder vielmehr seine Centraltheile in Activität erhält, ähnlich wie es eine unablässige Erregung geben muss, welche das Centralorgan des Einathmens unterhält, durch welches der Trieb zum Einathmen stetig erneuert wird. Vielleicht ist es hier, wie dort, die Kohlensäure im Blute. — Wie dem auch sei, unter der Voraussetzung, dass eine fortdauernde Anregung besteht, lassen sich die Erscheinungen viel leichter deuten. Die nächste Folge davon ist der andauernde Trieb, die Pupille zu erweitern und somit der grösstmöglichen Menge von Lichtstrahlen den Eintritt ins Auge zu gestatten. — Die Optik lehrt jedoch, dass bei einem Organe, welches wie das Auge gebaut ist, die Schärfe des Sehens leidet, wenn die Öffnung, durch welche die Lichtstrahlen eintreten, einen grossen Durchmesser hat (s. u. Sehen), sofern nämlich die Beleuchtung intensiv genug ist, um deutliches Sehen überhaupt zu ermöglichen. — Der n. sympathicus iridis muss also die Bestimmung haben, dem Auge noch Licht zu schaffen, wenn die Quantität des Lichtes gering ist. Im Schatten, im Halbdunkel, und selbst in der Finsterniss, in welcher ja immer noch das Licht nicht ganz fehlt, ist die Thätigkeit des n. sympathicus besonders wirksam. Durch ihn vermögen wir im Dunkeln immer mehr und mehr Gegenstände zu unterscheiden. Wenn ferner die Erregbarkeit der retina so gross ist, dass mässiges Licht schon unangenehme Empfindungen hervorruft, und die Kranken dunkle Orte aufsuchen, dann ist die vermehrte Thätigkeit des n. sympathicus besonders hoch anzuschlagen.

Der n. oculomotorius erhält seine normale Anregung durch das Licht, aber nicht auf direktem Wege (denn die iris, in der er sich verbreitet, wird vom Lichte nicht affizirt), sondern durch Vermit-

by Google

telung des n. opticus. Es besteht ein Reflexbogen, welcher an der retina beginnt, durch den n. opticus zu den vordern Vierhügeln fortgeht, den n. oculomotorius erreicht und in der iris endigt. An welcher Stelle dieser Bogen unterbrochen sein mag, stets hört die Thätigkeit des n. oculomotorius auf, die Pupille verengt sich nicht mehr.

Ursachen, weshalb sich die Pupille nicht mehr verengt.

495. Wenn also Licht, welches man in das Auge fallen lässt, die Pupille nicht verengt, so kann der Grund verschieden sein: 1) die Strahlen können nicht bis zur retina gelangen, oder 2) die retina ist unerregbar geworden, oder 3) der n. opticus ist in irgend einer Weise entartet, oder 4) es ist eine Krankheit der vordern Vierhügel vorhanden, oder 5) der n. oculomotorius ist leitungsunfähig geworden, oder 6) die Muskeln der iris haben ihre Contractionsfähigkeit verloren. Vielleicht kann man 7) eine erhöhte Erregbarkeit des n. sympathicus, resp. seiner Centraltheile hinzufügen. Man kann nämlich auch bei Thieren die Wirkung des Lichts auf das Auge dadurch eliminiren, dass man gleichzeitig den n. sympathicus reizt. Deshalb ist es wohl möglich, dass krankhafte Reizung einen ähnlichen Effect ausübt.

Nervencentralapparate für die Bewegung der iris.

496. Für die iris sind also zwei Centralapparate im Nervensystem thätig, die vordern Vierhügel und zwei begränzte Stellen im Rückenmarke. Der eine Apparat bewirkt, dass die iris in Stand gesetzt wird, soviel als möglich Licht einzuführen, der andere, den Eintritt möglichst zu beschränken, — jener unterstützt durch die Quantität der Strahlen das Sehen, dieser die Schärfe des Sehens. Beide stehen in naher Beziehung, in einem Gegensatz, der aber nicht durch eine Faserverbindung gegeben ist. Jede der beiden in diesen Centren entwickelten Kräfte stört die Ruhelage und sucht durch die entgegengesetzte Wirkung, die sie äussern, ein Gleichgewicht herzustellen, wie es für die Erhaltung des Organismus am Zweckmässigsten ist.

n. trigeminus.

497. Schliesslich muss noch erwähnt werden, dass Reizung des n. trigeminus (nasociliaris) bei Kaninchen eine sehr langsam erfolgende und sehr allmählich sich wieder ausgleichende Verengerung der iris hervorruft, ohne dass man im Stande ist, diese Erscheinung genügend zu erklären. Bei Hunden soll das nicht der Fall sein.

2) Athembewegungen.

498. Wenn man die Beziehungen ins Auge fassen will, welche die genannten Bewegungen zu dem Nervensystem zeigen, so hat man dreierlei zu berücksichtigen: 1) die beiden Phasen des Athmens, Inspiration und Exspiration; 2) die Beständigkeit derselben, ohne Mitwirkung des bewussten Willens; und 3) den Einfluss, welchen das Ge-

Digitized by Google

fühl, die Vorstellungen, der Wille und andere Körperbewegungen auf das Athmen haben.

Inspirations- und Exspirationscentrum.

499. Ad 1) Die Inspiration und Exspiration sind eng mit einander verbunden. Man kann nicht die eine Bewegung aufheben und die andere lassen, vielmehr kann die eine ohne die andere gar nicht gedacht werden. Wenn die Lunge nicht mit Luft bis zu einem gewissen Grade erfüllt ist, kann sie nicht entleert werden, und wenn sie nicht entleert wird, kann sie sich nicht wieder füllen. Nachdem die contrahirten Einathmungsmuskeln und die ausgedehnten Lungen sowie die Thoraxknochen und Bänder vermöge ihrer Elasticität wieder zur Ruhelage zurückkehren, so wirkt die elastische Kraft exspirirend. Wenn nun die Exspiration lediglich durch das Streben der ausgedehnten Theile, sich wieder zu verkürzen, bedingt wäre, so könnte man die Inspiration einen organischen, einen Muskelact nennen, welcher durch Nerveneinfluss beherrscht würde, während die Exspiration nur eine physikalische Erscheinung ausmachte. Nun gibt es aber auch Exspirationsmuskeln, deren Zusammenziehung den physikalischen Vorgang zu unterstützen vermag, und also auch Exspirationsnerven, welche diese Muskeln anregen. Diese Nerven müssen auch nothwendig ihr Centrum haben, d. h. es muss ein Inspirations- und Exspirationscentrum existiren. Jedoch weiss man bis jetzt nicht, ob diese an gesonderten Stellen liegen. Es ist nur bekannt, dass an die oben p. 92 bezeichnete Stelle des verlängerten Marks die Unterhaltung des Athmens geknüpft ist. An derselben muss nothwendig das Inspirationscentrum gelegen sein, da augenblicklich mit deren Zerstörung das Athmen gänzlich aufhört; während möglicher Weise das Exspirationscentrum an einem andern Orte seinen Sitz haben, aber bei aufgehobener Fähigkeit zu inspiriren nicht mehr sich wirksam zeigen könnte.

n. vagus.

500. Meine Beobachtungen haben gelehrt, dass man auf reflectorischem Wege die Exspirationsbewegungen anregen kann, indem man den n. vagus reizt. Die Thatsache selbst, dass durch diesen Vorgang ein Thier zu athmen aufhört, wurde zuerst von Traube [1]) beobachtet. Die Angaben, ob während des Stillstandes die Respirationsmuskeln im Zustande, wie während des Einathmens oder wie während des Ausathmens sind, weichen sehr von einander ab. Dies

1) Über diesen Gegenstand vgl. Traube in Med. Centralz. 1847. Nr. 5. — Lindner, De nerv. vagi in resp. effic. Diss. Berol. 1854. — Kölliker und Müller in Würzb. Verh. 1855. p. 234. — Snellen in Schmidt's Jahrb. 1855. LXXXVII, 161. — Gilchrist, ebend. 1858. C, 282. — Funke, Phys. 3. Aufl. II, 528. — Eckhard, Grundr. d. Phys. d. Nervens. Giessen 1854. p. 136. — Budge in C. r. 1854. XXXIX, 749. u. Virchow's Archiv. XVI, 484.

Digitized by Google

rührt aber bloss daher, dass man sich das Verhältniss zwischen Inspirations- und Exspirationsnerven nicht klar gemacht hat. Wenn man einen ähnlichen Gegensatz in der Bewegung, wie wir ihn in der iris zwischen Verengerung und Erweiterung kennen gelernt haben, auch bei dem Athmen festhält, so wird die Sache ganz deutlich und alle Widersprüche lösen sich.

Durchschneidet oder unterbindet man an einer Seite den n. vagus und reizt sein oberes (mit dem verlängerten Marke zusammenhängendes) Ende durch einen nicht zu schwachen galvanischen Strom, so schliessen sich die Nasenlöcher, das Stimmritzenband der entgegengesetzten Seite ist dem andern genähert, das Zwerchfell tritt ganz in die Brusthöhle zurück. Das Thier athmet eine Zeit lang nicht. Dann aber tritt die Inspiration von selbst wieder ein.

War der Strom schwächer, so ist ein Zwischenzustand zwischen In- und Exspiration, aber das Thier athmet auch nicht, bald ist die Bewegung des Ein-, bald die des Ausathmens vorwaltend.

Werden beide n. vagi durchschnitten und hat in Folge dieser Operation die Zahl der Athemzüge beträchtlich abgenommen, so vermehrt Reizung dieselbe wieder.

Es besteht ein natürlicher Trieb zum Einathmen, über dessen Entstehen und Fortgang unten gehandelt werden soll, gewissermassen eine instinctartige Bewegung. Der Kraft, welche diese Bewegung veranlasst, wirken andere entgegen, welche die Exspiration bedingen, und zum Theil physikalischer Natur, zum Theil Nervenkräfte sind. Je stärker die eine Kraft ist, desto mehr Widerstand erfährt die andere. Durch Anwendung des Willens sind wir im Stande, die Inspiration geraume Zeit fortdauern zu lassen und alle die Widerstände, welche die Exspiration setzt, zu überwinden, bis endlich die Kräfte, welche der letztern zu Grunde liegen, so zunehmen, dass sie das Übergewicht gewinnen. Es tritt das unabweisbare Bedürfniss zum Ausathmen ein. — Wie durch die Inspiration eine Exspiration nothwendig gemacht wird, so bringt umgekehrt eine Exspirationsbewegung ein Streben zum Inspiriren hervor.

Die oben angegebenen Versuche lehren, dass Reizung des n. vagus die exspiratorischen Nerven auf dem Wege des Reflexes anregen. Solange diese Reizung gering ist, verstärkt sich die Thätigkeit der inspiratorischen Nerven, bei Zunahme der Reizung halten sich Inspiration und Exspiration das Gleichgewicht, das Athmen steht still unter dem Einflusse zweier entgegenwirkender Kräfte, bei der stärksten Irritation hört endlich das Athmen wie bei der Exspiration auf. Gelinde Reizung des n. vagus kann also, indem sie die Ausathmungsbewegungen anregt und durch Vermehrung eines Widerstandes dies Streben zur

Digitized by Google

Inspiration steigern. In der That sieht man bei Thieren, welche eben aufgehört haben, zu athmen, dass nicht selten ein neuer Athemzug durch Vagusreizung hervorgerufen wird. Nun ist aber die Kohlensäure ein Reizmittel für die Nerven. Es ist daher anzunehmen, dass die Ansammlung von CO_2 in den Lungen die n. vagi reizt und zur Verstärkung des Athmens führt. — Somit wird durch diese Nerven und durch die auf sie wirkenden Kohlensäure-Exhalationen in den Lungenbläschen eine Regulation für die Athembewegungen hergestellt. Sammelt sich zuviel CO_2, so steigert sich der Reiz, es entsteht eine vermehrte Bewegung der Exspirationsmuskeln (wahrscheinlich hauptsächlich der Bronchien) und gleichzeitig in Folge des erhöhten Widerstandes ein stärkeres oder häufigeres Inspiriren (Gähnen?).

Werden die n. vagi durchgeschnitten, so sammelt sich die CO_2 an, ohne dass das Gefühl, welches der Reizung folgt, vorhanden ist, es erfolgt ein langsamer Vergiftungstod. Daher kommt es, dass Thiere nicht plötzlich, sondern allmählich sterben, wenn die genannten Nerven am Halse durchschnitten werden. Vgl. auch unten n. vagus.

Centraltheil für die Inspiration.

501. Es ist schon oben p. 93 gesagt worden, dass auf beiden Seiten des calamus scriptorius (bei Kaninchen) eine nur wenige Linien umfassende Stelle sei, deren Zerstörung das Gesammtathmen aufhebt. Sie liegt nicht in der Mittellinie allein, auch nicht dicht neben derselben, wie Flourens annimmt, da man diese Stelle zerstören kann, und das Athmen dennoch dabei fortbesteht. Jedoch darf man nicht weit von der Mittellinie nach Aussen gehen, ohne dass das Athemholen auf immer aufhört. Jede Hälfte des verlängerten Markes beherrscht nur eine Hälfte der Athembewegungen. Obwohl nun an dieser Stelle der eigentliche Concentrationspunct des Respirationsnervensystems ist, so wirken doch auch noch höher gelegene Stellen deutlich auf das Athmen ein. Wenn ich einige Linien vor dem calamus auf einer Seite einen Einschnitt gemacht hatte, so fühlte ich die Zwerchfellbewegung an der entsprechenden Seite deutlich schwächer.

Wenn man die medulla oblongata so durchschneidet, und den Kopf so wegnimmt, dass der Ursprung des n. facialis noch mit der medulla oblongata verbunden bleibt, so athmet der Kopf weiter, aber das Zwerchfell und die Brustmuskeln nicht mehr. Wird hingegen der Schnitt so geführt, dass das Rückenmark, aber nicht das Gehirn und nicht die Ursprungsstelle des facialis mit der m. oblongata in Verbindung bleiben, so athmet der Rumpf weiter.

Respirationsbewegung als Reflex.

502. Ad 2) Man sieht gewöhnlich die Respirationsbewegung als eine reflectirte an. Hiefür scheint zu sprechen, dass Reizung der sensiblen Schleimhaut der Nase und des Kehlkopfes, sowie auch

Digitized by Google

anderer Partien des n. trigeminus und vagus, selbst mitunter directe Reizung des Stammes vom letztern Athembewegungen (Niessen, Husten) zur Folge hat. — Diese Annahme ist jedoch nicht unverfänglich, denn wenn durch Reizung des n. trigeminus Niessen entsteht, so beschränkt sich die erste Bewegung, welche beobachtet wird und allerdings eine reflectorische ist, nur auf die Nasenmuskeln, — dann erst verbindet sich damit eine vollständige Respirationsbewegung, welche mithin als Mitbewegung aufzufassen ist. — Ebenso verhält es sich mit Reizungen des n. vagus.

Man hat auch angenommen, dass der Reiz der atmosphärischen Luft auf Haut- und Lungennerven bei dem neugebornen Kinde das erste Athemholen hervorrufe und die beständige Wiederholung bedinge. Ein Kind kann indess, so lange es noch im uterus ist, nicht wirklich athmen, weil der Luftzutritt fehlt. Man kann also aus dem Fehlen des Athmens nicht schliessen, dass der Luftzutritt auch die Bewegungen veranlasst, und es ist nicht erwiesen, ob nicht schon der Trieb, diese Bewegungen zu machen, vorhanden ist, ehe noch die Möglichkeit der Ausführung gegeben ist. Wirklich haben mehre Beobachter und ich selbst bei trächtigen Thieren, welche man tödtete, gesehen, dass bei geöffnetem uterus die Jungen im Ei schon Bewegungen machten, welche man für Intentionen zu Athembewegungen ansehen könnte. — Jedenfalls hat noch Niemand bewiesen, dass die Bewegungen der Athemmuskeln entstehen, wenn Luft zutritt, und nicht auch, soviel es die Umstände erlauben, schon im Mutterleibe vorhanden sind, aber erst ihre Bedeutung und eine bestimmte Ausdehnung und Regelmässigkeit zu erlangen vermögen, wenn Luft in die Lungen dringen kann. — Die Ursache der Inspirationsbewegung ist bis jetzt unaufgeklärt. Wenn man einem Thiere beide n. vagi und den obern Theil des Rückenmarks durchgeschnitten, sowie zugleich von der ganzen Haut durch einen Firnissüberzug den Luftzutritt abgehalten hat, so macht es doch auch noch danu Athembewegungen, wenn man ihm Mund und Nase zuhält. Freilich geräth dies nicht immer und es ist stets die grösste Gefahr, ein Thier zu chloroformiren, dem die beiden vagi am Halse durchgeschnitten waren. [1]) — Abgeschnittene Köpfe, welche man sogleich ins Wasser fallen lässt, athmen noch fort.

Respirationsbewegung als Reizbewegung.

503. Man hat auch angenommen, dass das venöse Blut, welches zum verlängerten Marke gelange, eine Reizung für dasselbe sei und dadurch das erste und folgende Athmen entstehe. Dafür liessen sich

1) Ich habe früher mit Unrecht gesagt, dass Thiere stets durch Narkose sterben, wenn an ihnen die n. vagi durchschnitten waren. Es geschieht sehr häufig, aber nicht immer.

Digitized by Google

manche Gründe anführen. Das venöse Blut ist reicher an CO_2 und diese ein Reizmittel für die Nerven. — Der Tonus der Muskeln, welcher noch nicht widerlegt ist, könnte auf diesem Wege erklärt werden. — Endlich käme in Betracht, dass sehr leicht bei Ermüdung neben Anhäufung von Blut in den Venen auch Zittern entsteht; was auf dieselbe Ursache zurückgeführt werden könnte. — Nach dieser Anschauungsweise würde nach geschehener Inspiration zunächst das Blut mit mehr O imprägnirt, aber alsbald die Menge der CO_2 vermehrt, dadurch das Inspirationscentrum erregt werden und deshalb ein neuer Athemzug eintreten. Die Häufigkeit des Athmens würde sich nach der individuellen Reizbarkeit der Nerven (im Centrum) richten, und dadurch sich erklären, dass von zwei scheinbar gesunden Menschen von gleichem Alter der eine neun, der andere 20 Mal Athem schöpft. — Die CO_2 würde demnach im Centrum wie in der Peripherie (den Lungen) das wesentliche Erregungsmittel für die Athmung, Inspiration und Exspiration, sein. — Indess darf man dieser Theorie keinen zu grossen Spielraum lassen, indem sie durchaus noch nicht als gesichert anzusehen ist, wenn auch nicht ohne Wahrscheinlichkeit. —

Einfluss des Gehirns auf das Athmen.

504. Ad 3) Sowohl psychische Einflüsse, als Einwirkungen auf das grosse Gehirn tragen sich auf die Athembewegungen über. Willkührlich kann das Athmen vermehrt und zurückgehalten werden; Gemüthsaffecte erregen und hemmen dasselbe beträchtlich, bei Apoplexien ist es häufig vermindert, durch Druck auf dasselbe bei Thieren wird es seltner, selbst zum momentanen Stillstand gebracht. So beobachtete ich z. B. bei einem Kaninchen, welches trepanirt worden war, in 15 Secunden die Frequenz durch Druck von 10 auf 5, dann auf 0 herabgehen. Auch wenn nach völliger Exstirpation einer Hemisphäre seitlich auf die andere gedrückt wird, entsteht Stillstand. [1]) — Die Erklärung der Erscheinung ist bis jetzt noch unklar.

Einfluss des Gefühls auf das Athmen.

505. Es ist hier noch besonders der Einfluss hervorzuheben, welchen die Gefühlsnerven auf das Athmen haben. Ich [2]) habe beobachtet, dass durch Reizung sensibler Nerven, z. B. des n. splanchnicus, ischiadicus, der Intercostalnerven, eine anhaltende starke Exspirationsbewegung erfolgt; das Athmen kann vollständig zum Stillstande gebracht werden. Rosenthal [3]) beobachtete, dass Reizung des n. laryngeus superior Verlangsamung der Respirationsbewegungen veranlasst. Er schliesst, dass der n. vagus unterhalb des Abganges des n. laryngeus superior Fasern führe, deren Reizung

1) Vgl. Budge in: Deutsche Klinik. 1860. No. 26. p. 249.
2) Budge in Virchow's Archiv. XVI, 438. 1859.
3) Rosenthal in C. r. 1861. I, 754.

Digitized by Google

auf reflectorischem Wege Contractionen des Zwerchfells bewirke, (dies ist, wie aus Obigem hervorgeht, nur bedingt richtig), dass der laryngeus superior hingegen Fasern enthalte, deren Reizung hemmend auf das Respirationscentrum wirke, so dass das Zwerchfell erschlaffe. Da Rosenthal nicht erwähnt, dass er zuvor das Gefühl abgestumpft hat, so bedürfen seine Versuche der Wiederholung, da wie gesagt, auch der n. ischiadicus das Athmen hemmen kann. [1])

Auch bei Menschen sieht man öfters den Schmerz auf die Häufigkeit der Athembewegungen einwirken.

Einfluss der übrigen Körperbewegungen auf die Respirationsbewegungen.

506. Bekanntlich vermehrt sich das Athemholen auch bei andern Körperbewegungen und vermindert sich bei grosser Ruhe. Man könnte diese Erscheinung einfach als Mitbewegung auffassen. Es ist jedoch dies deshalb zweifelhaft, weil man bis jetzt nicht sicher ist, ob überhaupt eine Übertragung von motorischen zu motorischen Nerven Statt findet, s. o. Mitbewegungen. Leichter lässt sich die Theilnahme der Athem- und Herzbewegungen an denen der übrigen Muskeln auf einem andern Wege erklären. Thatsächlich ist es nämlich, dass bei jeder Bewegung der betreffende Muskel viel röther und reicher an Blut ist, wie schon die Anschauung lehrt. Wahrscheinlich wird durch die veränderte Volumenänderung des Muskels eine Stauung in den Capillaren und kleinern Arterien und Venen bedingt, welche zwar eine absolut grössere Blutmenge im Muskel zur Folge hat, aber den Zu- und Abfluss des Blutes vermindern muss. Wird nun auf einem grossen Terrain, z. B. an den untern Extremitäten, die Bewegung ausgeführt, so sammelt sich mehr Blut im Herzen an, was eine stärkere Herz- und in Folge davon stärkere Athembewegung veranlasst. Bei Bewegungen der obern Extremitäten, obwohl deren Nerven den Athemnerven näher liegen, sieht man keinen solchen Einfluss auf Herz und Respiration, wie bei Bewegung der untern Extremitäten. Durch Veränderung der Druckverhältnisse entsteht bei Bewegungen eine vorübergehende Hyperämie in andern Organen, z. B. der Haut, der Gedärme u. s. w.

Bewegungen der Herzens.

Erregung der Herznerven durch das Blut und dessen Gasarten.

507. In Betreff des Einflusses des Nervensystems auf Herzbewegung, verweisen wir auf die oben p. 320 gemachten und die unten in

1) Meissner, Jahresbericht, 1860. p. 549, glaubt, dass durch die Beobachtung Rosenthal's meine Theorie verdrängt sei. Ich kann dies nicht zugeben, weil der n. laryngeus ein sehr sensibler Nerve ist, und Rosenthal auf die Einwirkung des Gefühls aufs Athmen keine Rücksicht genommen hat. Wenn Reiz des n. ischiadicus auch das Athmen hemmt, so ist wohl zu viel geschlossen, wenn man die sensiblen Fasern des n. laryngeus sup. für reflectorische Hemmungsnerven dieser Bewegungen ansieht, weil sie im Bereiche des n. vagus liegen.

Digitized by Google

der Physiologie des n. sympathicus zu erwähnenden Angaben, und haben hier nur wenig hinzuzufügen. Die erste Schwierigkeit in der Untersuchung über diesen Gegenstand liegt darin, dass wir die Erregung nicht kennen, in Folge welcher Herzbewegung eintritt. Es bleibt hiebei ganz einerlei, ob man die Ganglien als motorische Centralapparate ansieht, oder nicht. Denn immerhin weist die Analogie darauf hin, dass jede Thätigkeit im Nervensystem, welche zur Muskelbewegung Veranlassung gibt, nicht ohne Weiteres auftritt, sondern erst angeregt werden muss; wenn wir auch noch nicht überall die Wege kennen. — Man kann nicht läugnen, dass es die meiste Wahrscheinlichkeit hat, das Blut als Reizmittel zu betrachten, obgleich allerdings auch dies noch manche Zweifel aufkommen lässt (s. p. 274 §. 569 und p. 322 §. 658). Diese Ansicht, welche schon früher von mir vertheidigt worden ist, hat neuerdings auch an Goltz einen Anhänger gefunden. Wenn wir nun das Blut als Erregungsmittel für das Herz betrachten, so braucht man nicht grade an die flüssigen Bestandtheile des Blutes zu denken, vielmehr ist es wahrscheinlicher, dass die in demselben befindlichen Gase, O und CO_2 in besagter Weise wirken (vgl. auch p. 274, §. 568). Dass das Herz in einer CO_2 Atmosphäre bei Weitem nicht so lange fortschlägt, als in O, ist kein Widerspruch gegen eine solche Annahme, da im Blute nur eine verhältnissmässig geringe Menge CO_2 enthalten ist.

Innere Herzfläche.

508. Die innere Herzfläche sieht man, und wahrscheinlich mit Recht, für den Angriffspunct der Erregung an. Hiefür spricht ein Versuch von Henry.[1]) Werden nämlich opium oder extractum nucis vomicae auf die innere Herzfläche gebracht, so hört das Herz rasch oft schon nach einigen Secunden für immer zu schlagen auf; werden hingegen dieselben Mittel auf die äussere Herzfläche gebracht, so dauern die rhythmischen Bewegungen des ausgeschnittenen Froschherzens sehr lange fort. Da diese Substanzen wesentlich das Nervensystem afiziren und da auf der innern Herzfläche grade die Nerven sich verbreiten, so scheint aus diesem Versuche geschlossen werden zu können, dass durch Ertödtung der Herznerven auch der Antrieb zur spontanen Bewegung des Herzens nicht mehr wirken kann. — Hiemit stimmt auf den ersten Blick eine andere Thatsache nicht überein, dass nämlich bei Fröschen, welche mit Curare vergiftet sind, die letzten Enden der motorischen Nerven gelähmt werden und doch das Herz noch fortschlägt (s. p. 548). Dieser Widerspruch kann nur dadurch gelöst werden, dass man mit Funke und Kühne (s. p. 549) annimmt, dass die Erregbarkeit der letzten Nervenenden

1) Henry in Edinb. med. and surg. Journ. 1832. — Müller (Phys. I, 636) und Valentin haben den Versuch von Henry bestätigt.

Digitized by Google

sich anders, als die der Stämme verhält; eine Annahme, die freilich wieder Manches gegen sich hat. Lassen wir dieselbe aber gelten, so tritt dennoch eine neue Schwierigkeit entgegen, indem die Frage offen bleibt, weshalb das Curare die motorischen Herznerven nicht lähmt, da es doch die übrigen motorischen Nerven unthätig macht, und bewirkt, dass Reizung des n. vagus das Herz nicht mehr zum Stillstand bringt.

Es sind also hier noch neue Untersuchungen nöthig, durch die zunächst festgestellt wird, ob das Curare auf die mit peripherischen Ganglien zusammenhängenden Nerven anders wirkt, als auf die cerebrospinalen, — ob eine eigne Irritabilität der Herzmuskeln (s. p. 550) etwa in Betracht kommt, oder nicht, u. A. m.

Herzbewegung eine Reizbewegung.

509. Würde sich herausstellen, dass wirklich das Blut die Herznerven und Herzmuskeln reizt, so müsste man die Herzbewegung in die Klasse der Reizbewegungen versetzen, wie ich auch schon früher (Arch. f. phys. Heilk. V, 597) zu beweisen suchte. — In dieselbe Kategorie würden auch die Bewegungen der andern, unwillkührlich bewegten Organe, welche einen Kanal bilden (Darm, Blase, Geschlechtstheile), gehören.

Aktive Erweiterung des Herzkanals.

510. Ein sehr wichtiger Beitrag zur Erklärung der Nerventhätigkeit des Herzens würde wahrscheinlich dadurch geliefert werden, wenn sich die neuerlich von Spring [1]) gemachte Beobachtung bestätigt. Nach derselben geht der systole jedesmal eine Erweiterung des Herzens vorher, welche dadurch veranlasst ist, dass sich die Längsfasern contrahiren, während die Contraction der transversalen Fasern die Verengerung zu Wege bringt. — Dann wäre im Herzen, ähnlich wie in den Gedärmen und andern unwillkührlichen Organen, ein antagonistisches Faserverhältniss vorhanden.

Einfluss des Gehirns auf Herzbewegung.

511. Auffallend ist die Abnahme des Herzschlags bei Apoplexien, sowie durch künstlichen Druck des Gehirns bei Thieren, und die Veränderung des Pulses durch Vorstellungen. — Es ist bis jetzt noch nicht möglich, einen exacten Aufschluss über diese Erscheinungen zu geben.

Bewegung des Magens und Darms.

Nerven, welche auf den Darm wirken.

512. Auf die Bewegung des Magens und Darms wirken sowohl die Nerven der Gefässe dieser Organe, als auch diejenigen, welche sich in den Muskeln verbreiten; vielleicht auch die Nerven der Drüsen.

Erregung der Darmnerven.

513. Die Gase des Darms, dann die Flüssigkeiten, welche auf der

1) Spring, Mém. sur les mouv. du coeur in Mém. de l'acad. de Belgique. 1861. T. XXXIII.

Digitized by Google

Schleimhaut des Darmkanals sich vorfinden, sowie künstliche und durch krankhafte Ursachen veranlasste Reizung, endlich Erregungen, welche von den Centralorganen des Nervensystems ausgehen, können die Thätigkeit der Magen- und Darmnerven modificiren.

Darmgase.

514. Schon oben p. 213 ist bemerkt worden, dass die Darmbewegung sowohl eine active, durch die Muskelcontraction bewirkte, als auch eine passive sein kann. Die letztere verdankt ihre Entstehung hauptsächlich den Darmgasen. Wenn deren Menge sich vermehrt, so werden dadurch nicht nur die Gedärme ausgedehnt, sondern es kann sogar eine Lageveränderung entstehen. Die Ausdehnung des Darms kann aber wiederum Veranlassung zu Muskelcontraction werden. Andererseits kann auch die Bewegung auf die Gasmenge einwirken, indem nicht nur bei dem Schlucken (s. p. 163, §. 265 a) Luft von Aussen in den Magen eingeführt wird, sondern das im Magen und dem Darme befindliche Gas in Folge der Bewegung seinen Ort verändert. Da das Gas in den Gedärmen auch aus dem Blute herstammen kann (s. p. 164 c), da ferner das Nervensystem auf die Gefässe einwirkt, so können Veränderungen des Magen- und Darmgases sowohl von den Muskel- als den Gefässnerven des Darmkanals ausgehen. Je nachdem die Gefässwände mehr oder weniger gespannt sind, wird auch der Durchtritt der Gase mehr oder weniger leicht erfolgen. — Der Nerveneinfluss auf die Gasbildung, von dem p. 207, §. 409 die Rede war, wird dadurch in mancher Beziehung aufgeklärt. — Es ist noch unbekannt, ob die Gase bloss einen mechanischen Einfluss auf den Darm üben, oder ob nicht gewisse Gasarten zugleich auch die Darmschleimhaut reizen. Wahrscheinlich ist das Letztere, weil von andern Schleimhäuten eine solche Reizung, wenigstens durch CO_2, nachgewiesen ist.

Inhalt des Darmkanals als Erregung auf die Darmnerven.

515. Ein zweites wichtiges Causalmoment der veränderten Darmbewegungen bilden die Flüssigkeiten, welche auf der Schleimhaut sich finden. Diese sind sehr verschiedener Art und rühren theils von den Speisen und deren Zersetzungsproducten, theils von dem Drüsensecret benachbarter Drüsen, Leber und Pancreas, theils von dem Secrete der Darmdrüsen selbst, theils endlich von der Blutflüssigkeit her, welche durch die Gefässwandungen diffundirt. — Alle diese Substanzen wirken zum Theil quantitativ, zum Theil qualitativ auf die Darmnerven erregend ein.

Verschiedene Darmnerven.

516. Um zu ermitteln, welche Nerven die Bewegungen direkt und indirekt veranlassen, sind zahlreiche Versuche gemacht worden. Es kommen in Betracht 1) die sensiblen Darmnerven, 2) die im n. vagus, 3) die in dem n. sympathicus und dem Unterleibsplexus liegenden motorischen Nerven, 4) die Gefässnerven.

Digitized by Google

517. Reizung der Darmschleimhaut durch mechanische oder chemische Mittel oder durch Galvanisation bringt häufig Bewegung des gereizten Darmstücks hervor. Man erklärt dies für Reflex und zwar durch die Ganglien des Darmkanals vermittelt. Indess ist dies nicht sicher festgestellt. Die Nerven zeigen nämlich eine netzartige Verbreitung und man ist nicht gewiss, ob man nicht eine motorische Faser zugleich reizt, wenn man die Schleimhaut berührt. Schleimhautnerven.

518. Es ist ausgemacht, dass Reizung des n. vagus sowohl Magen- als Darmbewegung zur Folge haben kann. Letztere ist sowohl am Dünndarm wie am Dickdarm wahrzunehmen, wie ich schon vor langer Zeit angegeben habe (vgl. p. 216, §. 438). Auch vom verlängerten Marke aus habe ich [1]) Bewegungen des Darms in Folge von Reizung beobachtet. Da Thiere, wie oben p. 695 angegeben, Monate lang nach Durchschneidung beider n. vagi (neben der cardia) am Leben bleiben können, so geht daraus hervor, dass die Magenbewegungen nicht allein von der Unversehrtheit der n. vagi abhängen können. Auch haben Pincus [2]) und Panum [3]) beobachtet, dass nach Durchschneidung der beiden n. vagi die Magenbewegung noch fortdauert. Hingegen gibt Pincus an, dass nach gleichzeitiger Durchschneidung der vagi und Exstirpation des plexus coeliacus bald nach der Operation die Magenbewegungen aufgehört hätten. Nach Vagusdurchschneidung sind es wahrscheinlich die durch den plexus coeliacus dem Magen zugeführten Äste, welche denselben innerviren [4]). Bei einem Kaninchen, an welchem die Operation wohl gelungen und welches lange Zeit am Leben geblieben war, suchte ich die Menge des abgegangenen Kothes mit dem anderer gesunder Kaninchen zu vergleichen. Es ergab sich, dass 1000 Grm. gesunder Kaninchen täglich 7,5 Grm. Koth entleerten, während ein gleiches Körpergewicht des operirten 15,7 entleerte. Die Kothballen des letztern waren beträchtlich kleiner. Dies lässt auf eine stärkere Contraction der circulären Muskelfasern des Darms schliessen, und die grössere Menge des Koths spricht für eine stärkere Bewegung. Wenn nun nach Durchschneidung der n. vagi die circulären Fasern sich energischer und häufiger contrahiren, so ist wahrscheinlich, dass diese Erscheinung durch ein antagonistisches Übergewicht der sympathischen Nerven entstanden ist, dass also diese letztern die motorischen Nerven für die circulären Fasern enthalten. Es schien mir auch, als ob durch Reizung des n. vagus hauptsächlich die Längs- n. vagus.

1) Vgl. Budge, Unters. über das Nervens. II, 84; I, 148 u. 150.

2) Pincus, Exper. de vi nervi vagi et symp. ad vasa etc. Diss. Vratisl. 1856.

3) Panum in Schmidt's Jahrb. 1856. XCIII, 154.

4) Vgl. Budge in Acta leop. 1860. XXVII.

Digitized by Google

fasern sich verkürzten, worüber ich jedoch nicht ins Reine gekommen bin.

Ganglia coeliaca und g. mesentericum.

519. Die Exstirpation der ganglia coeliaca und des g. mesentericum bei Kaninchen ist keine schwierige Operation (vgl. Acta Leop. XXVII) und ohne namhaften Blutverlust zu verrichten. Hat man diese Ganglien gründlich entfernt, so wird zuerst die im untersten Mastdarmtheile enthaltene Kothmasse in Ballen entleert, bald aber wird der Koth weich, wie beim Rindvieh. Oft bemerkt man auf der Oberfläche Schleim und selbst Blutstreifen. Manchmal ist die Entleerung mit Schmerz und Beschwerden verbunden. Alles deutet darauf hin, dass nicht nur die Bewegung des Darms vermehrt ist, sondern dass auch eine grössere Menge von Flüssigkeit abgesondert wird, wodurch die Excremente mehr erweicht werden. Die Blutstreifen im Schleim beweisen, dass Gefässe platzen. Man kann daher annehmen, dass durch die Exstirpation jener plexus die Gefässnerven gelähmt werden, die Gefässe sich erweitern, Blutflüssigkeit durch die Wandungen tritt und kleine Stämmchen zerreissen. Daneben ist aber auch die Bewegung des Darms vermehrt, denn es entleert sich häufiger der Koth, als im normalen Zustande. Man kann diese vermehrte Bewegung nach meiner Ansicht dadurch erklären, dass die n. vagi das Übergewicht bekommen, dass also ein Verhältniss wie bei den Nerven der iris eintritt. Wie nach Durchschneidung des n. sympathicus cervicalis der n. oculomotorius das Übergewicht gewinnt und die Pupille sich verengt und wie wir ein ähnliches Verhältniss zwischen Inspirations- und Exspirationsnerven darzuthun suchten, so kann man auch ein solches zwischen dem n. sympathicus und vagus des Darms vermuthen. Hienach würde also der n. sympathicus die cirkulären, der n. vagus die Längs- und zugleich die Gefässmuskelfasern des Darms beherrschen; durch Lähmung des einen wie des andern muss vermehrte Darmbewegung eintreten, jedoch in verschiedener Weise, wie oben auseinandergesetzt ist.

Antagonismus zwischen vagus und sympathicus.

520. Dieser Antagonismus würde sich auch noch in einer andern Art zeigen. Es ist nämlich gewöhnlich, dass der n. sympathicus nach dem Tode länger reizbar bleibt, als andere Nerven. Wir sehen dies wiederum sehr deutlich an der iris, welche sich bei eintretendem Tode mächtig erweitert, weil der n. oculomotorius schon abgestorben ist, während der n. sympathicus seine unbeschränkte Herrschaft noch durch eine Erweiterung zu erkennen gibt, welche über das im normalen Leben gewöhnliche Mass hinausgeht. So auch bemerkt man, dass mit eintretendem Tode plötzlich die bisher ruhigen Gedärme sich bewegen; ja schon grosse Schwäche in den Gedärmen, vorzüglich aber plötzliche Unterbrechung der Blutcirculation — momentaner Tod — vermehrt die peristaltische Bewegung (vgl. p. 214, §. 431 fg.).

Digitized by Google

Andere Erklärung der vermehrten Bewegung nach der Exstirpation der Ganglien.

521. Nach Ansichten, welche jetzt viel verbreitet sind, kann die vermehrte Bewegung auch anders gedeutet werden. Oben p. 216, §. 440 wurde erwähnt, dass starke Reizung des n. splanchnicus und des ganglion coeliacum die in Bewegung bereits befindlichen Gedärme plötzlich zu beruhigen vermag, man hat deshalb den n. splanchnicus einen Hemmungsnerven für die Gedärme genannt. Hienach könnte man also schliessen, dass wenn Reizung des n. splanchnicus die Bewegung hemmt, so müsste Exstirpation der Unterleibsganglien, durch welche die Fasern des n. splanchnicus zu den Gedärmen gehen, die Bewegung vermehren. — Zur Beurtheilung ist es nothwendig, die Thatsachen kennen zu lernen.

Beobachtungen über Reizung der n. splanchnici und des ganglion coeliacum.

522. J. Müller [1]) hatte das peripherische Ende eines durchgeschnittenen isolirten n. splanchnicus mit einer Säule von 65 Plattenpaaren galvanisirt, worauf vermehrte peristaltische Bewegungen des ganzen Darms erschienen. Auch als die nach Eröffnung der Bauchhöhle todter Kaninchen auftretenden peristaltischen Bewegungen nachgelassen hatten und sehr matt geworden waren, brachte Betupfen des ganglion coeliacum mit kali causticum lebhafte peristaltische Bewegungen hervor. «Dieser Versuch,» sagt Müller, «gab mir bei Wiederholung dasselbe ganz unzweideutige Resultat.» — Derselbe Versuch wurde bei Hunden von Longet [2]) und Radclyff Hall [3]) bestätigt. — Ich habe das gleiche Resultat gefunden, wenn ich, wie Müller, mit kali causticum reizte. In neuerer Zeit haben Kupffer und Ludwig [4]) fast constant einige Zeit nach dem Tode auf jede mechanische und electrische Erregung des n. splanchnicus eine Bewegung eintreten gesehen. Dieselben Forscher haben auch das Verhältniss in der Bewegung untersucht, wenn der n. vagus und der n. splanchnicus gereizt wurden. Sie bemerken, dass nach dem Aufhören des Athmens erst später der n. splanchnicus den Darm zu erregen schien, als der n. vagus. Dies erklärt sich meiner Meinung nach dadurch, dass der n. vagus eher abstirbt, aber wirksamer ist, als der n. sympathicus, ähnlich wie bei der Bewegung der iris der n. oculomotorius und sympathicus. Ferner schalteten Kupffer und Ludwig sowohl den vagus, als den splanchnicus jeden in einen Inductionskreis ein. Die durch Reizung des n. vagus entstandene Bewegung wurde durch Reizung des n. splanchnicus beruhigt und kehrte wieder, wenn die letztere Reizung aufhörte. Wurden

---

1) J. Müller, Phys. 1844. I, 631 u. 634.
2) Longet, Anat. und Phys. des Nervens., übers. von Hein. II, 530.
3) R. Hall in Edinb. med. and surg. Journ. 1846. No. 169. p. 338.
4) Kupffer und Ludwig, Zeitschrift für rat. Med. 1857. 3. R. II, 357; vgl. auch Lister in Proceed. of the royal Soc. 1858. IX, 367.

Digitized by Google

beide Nerven gleichzeitig mässig gereizt, so blieb die Bewegung aus. Den Verfassern scheint ein Zusammenhang zwischen den n. vagi und splanchnici in der Art wie zwischen sensiblen und motorischen Nerven zu bestehen, welcher durch das Rückenmark vermittelt wird. — Gegen diese Annahme spricht indess, dass man weder vom centralen Ende des n. vagus, noch des n. sympathicus eine Bewegung des Darms erzielen kann. — Die Versuche von Kupffer und Ludwig scheinen vielmehr geeignet, meine Ansicht von einem Antagonismus zwischen beiden Nerven noch wahrscheinlicher zu machen.

Aus allen den angegebenen Versuchen ist es zweifellos, dass Reizung des n. splanchnicus und des ganglion coeliacum die Bewegung des Darms vermehren kann.

Hingegen hat Pflüger beobachtet, dass wenn der Dünndarm in Bewegung ist, Reizung eines n. splanchnicus dieselbe sistirt, und zwar sind nach Pflüger die Gedärme im Zustande der Erschlaffung. Erst 5 bis 10 Sekunden nach dem Aufhören der Reizung beginnt die Bewegung wieder und zwar sehr lebhaft. Pflüger betrachtet den n. splanchnicus als Hemmungsnerven und vergleicht ihn mit dem r. cardiacus vagi in seiner Wirkung auf das Herz. — Ich habe den Versuch sehr häufig angestellt, er ist leicht an der linken, schwieriger (wegen der Leber) an der rechten Seite anzustellen. Obwohl er nicht in allen Fällen gelingt, so geschieht dies doch in der Mehrzahl. Hingegen wird die Bewegung des rectum nicht sistirt, wie Bernard mit Recht bemerkt.

Man beobachtet, dass der Stillstand leichter während des Lebens, als nach dem Tode sich zeigt, wo der umgekehrte Erfolg, vermehrte Bewegung, wie oben erwähnt, öfter eintritt. Da die Thatsache richtig und sicher zu constatiren ist, auch wenn der Versuch mit allen Cautelen gemacht wird, dass ein und derselbe Nerv einmal erregend, ein andermal lähmend zu wirken scheint, so kann ich nicht mit Funke (Phys. II, 599) die Angaben von Ludwig und Kupffer für wunderbare und schwer glaubliche Ansichten halten; um so weniger, als viele analoge Fälle in der Nervenphysiologie aufzuweisen sind. — Wenn man bedenkt, dass der Pflüger'sche Versuch besser im Leben, als nach dem Tode gelingt, während dann der Müller'sche Versuch besser gelingt, so ist anzunehmen, dass der Grad der Nervenreizbarkeit hier sehr in Betracht kommt. Wir haben oben p. 685, als von den Hemmungsnerven die Rede war, darauf hingewiesen, dass man bei der Beurtheilung derselben auf die zwei gleichzeitig wirkenden Reize, den natürlichen, stetig vorhandenen und künstlichen, durch den Reiz erst hinzugefügten Rücksicht nehmen müsse. So ist es auch beim Darme. Hier besteht einmal derjenige natürliche Reiz,

Digitized by Google

welcher die peristaltische Bewegung veranlasst, und auf die letzten Enden der Fasern des n. splanchnicus wirkt, und dann zweitens wird der künstliche Reiz durch den galvanischen Strom hinzugefügt, welcher den Stamm desselben Nerven trifft. — Wenn nun der Stamm noch recht reizbar ist, so kann seine Reizung zur Folge haben, dass der geringere peripherische Reiz gar nicht wirkt, die peristaltische Bewegung hört auf. — Später, wenn die Reizbarkeit geringer ist, unterstützt der eine Reiz den andern. Ganz ähnlich verhält es sich bei dem n. ischiadicus. Lässt man einen aufsteigenden Strom durch einen dem Muskel nahe liegenden Nerventheil durchgehen und einen andern erregenden Strom durch eine darüber liegende Nervenstrecke, so bemerkt man anfangs, dass die Schliessungszuckung, welche der erregende Strom während des Schlusses des polarisirenden hervorruft, stärker wird. Später hingegen wird sie ganz zum Schweigen gebracht, — obwohl dieselben Einflüsse ungeändert dieselben geblieben sind. [1])

Durchschneidung der n. splanchnici.

523. Durchschneidung der n. splanchnici bringt keine vermehrte Bewegung der Gedärme hervor (Ludwig und Haffter [2]), Pflüger) wie dies beim n. vagus hinsichtlich des Herzens der Fall ist (s. p. 330). — Es ist daher nicht wahrscheinlich anzunehmen, dass die vermehrte Darmbewegung nach Exstirpation der Ganglien mit der sogenannten Hemmung etwas zu thun hat.

Einwirkung der Nervencentralorgane auf Darmbewegung.

524. Man hat verschiedentlich gefunden, dass direkte Reizung gewisser Centraltheile des Nervensystems eine veränderte Bewegung des Magens und der Gedärme zur Folge hatte. —

Vermehrte Bewegung des Magens und Darms habe ich [3]) zuerst durch Reizung der medulla oblongata und des kleinen Gehirns (selten der corp. striata und thalami) beobachtet. Sehr schön gelingt es, namentlich das grosse coecum des Kaninchens in dieser Weise zu starker Contraction zu veranlassen. Nachdem ich in zwei Versuchen die n. vagi durchgeschnitten hatte, war von dem verlängerten Marke aus kein Erfolg mehr zu erzielen. — Niemals wurde durch Reizung dieser Organe mittelst eines kräftigen Rotationsapparates Stillstand

1) Über den Pflüger'schen Versuch vgl. Monatsschrift der Berl. Ak. 1855. Juli. — Pflüger über das Hemmungsnervens. für die peristalt. Bewegungen der Gedärme. Berlin 1856. — Kölliker in Virch. Arch. 1857. X. — Kupfer und Ludwig in Wiener Sitzungsber. 1857. XXV, 580. — Biffi, s. Meissner's Jahresbericht. 1855. p. 583. — v. Bezold in Virchow's Arch. 1858. XIV. — Hein in Archiv für phys. Heilkunde. N. F. 1857. I, 261. — Spiegelberg in Henle's Zeitschrift. 1857. p. 44.

2) Haffter und Ludwig in Henle's Zeitschrift. N. F. IV, 322.

3) Budge in Wagner's Handwörterbuch, III a, p. 421.

Digitized by Google

der peristaltischen Bewegungen gesehen. — Auch vom Rückenmarke aus wurde von mir [1]), Volkmann [2]), E. Weber [3]) durch Reizung Bewegung des Darms beobachtet.

Pflüger (l. c.) sah die peristaltische Bewegung aufhören, wenn er zwischen dem 5. und 11. Brustwirbel durch den inducirten Strom reizte. — Es trat derselbe Erfolg wie bei Reizung des n. splanchnicus ein.

Ursache der selbständigen Darmbewegung.

525. Die Ursache der selbständigen Darmbewegung ist bis jetzt noch dunkel, grade so wie die des Herzens. Es lässt sich nicht sagen, ob der Darminhalt einen Einfluss auf dasselbe hat.

Bewegung der Blase, der Geschlechtstheile, des Mastdarms.

Allgemeines.

526. Es gibt einige Nervenpartien, deren Reizung Bewegung der Blase, der Geschlechtstheile und des Mastdarms zur Folge hat. Diese Nervenpartien haben theils ihre Ursprungsstelle im Rückenmarke, theils im Gehirne. — Aufs Schärfste lassen sich die erstern nachweisen, während die Anregung vom Gehirne aus nur unter besondern Umständen gelingt, die noch nicht vollständig aufgeklärt sind.

Bewegungen der genannten Theile durch Reizung des n. sympathicus lumbaris.

527. Valentin [4]) hatte beobachtet, dass durch Reizung des untersten Lumbal- und des obersten Sacraltheils des n. sympathicus, sowie auch der untern Lenden- und Heiligenbeinnerven Bewegungen der Harnblase; ferner durch Reizung der beiden untersten Lumbar- und des ersten Sacralganglion, sowie des untersten Theils des n. sympathicus (mechanisch) Bewegung des Samenleiters; durch Reizung des untern Bauch- und obern Sacraltheils des n. sympathicus Bewegungen des uterus und der Tuben; endlich durch Reizung des mittlern und untern Lumbaltheils des n. sympathicus Bewegung der Harnleiter entstehen.

Ich [5]) habe in neuerer Zeit durch sorgfältig angestellte Versuche an Kaninchen gefunden, dass es eine ganz genau umgränzte Stelle des n. sympathicus gibt, deren Reizung Bewegung der Blase, des Mastdarms, der ductus deferentes bei männlichen und des uterus bei weiblichen Thieren hervorruft. Die Wirkung ist durchaus constant und fehlt nicht, ist nur manchmal stärker, manchmal geringer, be-

1) Budge, in Unters. des Nervens. I, 150.
2) Volkmann in Wagner's Handwörterbuch. II, 576.
3) E. Weber, ebend. III a, 49.
4) Valentin, De funct. nerv. p. 65; und Lehrbuch der Physiologie. II b, p. 430.
5) Budge in Virchow's Archiv. 1858. XV, 115.

Digitized by Google

sonders energisch zeigt sie sich gewöhnlich an den ductus deferentes. Ich habe den Versuch sowohl an lebenden Thieren angestellt, als auch gleich nach dem Tode. — Man verfährt dabei wie folgt: Man ätherisire ein männliches erwachsenes Kaninchen bis zur völligen Unempfindlichkeit, öffne sodann die Bauchhöhle und lege den Lumbartheil des n. sympathicus bloss. Um denselben zu finden, werden die Gedärme zur Seite geschoben, die arteria aorta und die vena cava frei gemacht, um hinter denselben die zwischen den beiden musc. psoas sehr nahe aneinander liegenden beiden Nerven zu sehen. Sehr feine Verbindungsfäden bemerkt man von einem zum andern Nerven gehen. In der Gegend, welche dem fünften Lendenwirbel entspricht, liegt constant ein längliches Ganglion, in welchem vom dritten und vierten Lendennerven Communicationsfäden gehen, entweder je einer oder gewöhnlicher je zwei. — Man führe sodann ein zugespitztes Glasstäbchen unter die beiden Nerven vorsichtig ein und galvanisire dieselben; und zwar beginne man an dem eben beschriebenen Ganglion und gehe abwärts, d. h. in der Richtung nach dem After zu. Sehr bald, nachdem die Drähte den Nerven berührt haben, wird man bemerken, dass die ductus deferentes, welche man am Besten auch auf ein Glasstäbchen gelegt hat, eine energische Bewegung machen, und zwar in der Regel in der Richtung vom Hoden gegen die Samenblasen. Sie winden sich und schiessen abwärts. Sehr bald, nachdem man aufgehört hat, zu reizen, liegen die ductus deferentes wieder vollkommen ruhig und ein erneuter, beliebig oft wiederholter Reiz ruft von Neuem denselben Effect hervor. Manchmal ist die Wirkung so stark, dass der auf der breiten Seite aufliegende Hode sich auf die schmälere Seite aufrichtet, was jedoch nicht immer geschieht. Reizt man die Nerven oberhalb des erwähnten ganglion, so sieht man keine Bewegung in den ductus deferentes mehr eintreten. Diese beginnt aber mit einem Schlage, sobald man sich auf das Ganglion selbst begibt, oder jenseits desselben die Drähte aufsetzt.

Man könnte nun entweder vermuthen, dass die motorischen Nervenfasern, welche bis zu den ductus deferentes gehen und vom n. sympathicus herkommen, ihren Ursprung aus den Ganglienkugeln des genannten ganglion nehmen, oder dass dieselben aus dem Rückenmarke entspringen. Um hierüber Gewissheit zu erlangen, habe ich bei einem stark ätherisirten Kaninchen wieder die ductus deferentes blossgelegt und den dritten, vierten und fünften Lendenwirbel aufgebrochen, sodass das Rückenmark unversehrt vor mir lag. Nachdem ich Stelle für Stelle diesen Rückenmarkstheil galvanisirt hatte, ergab sich eine genau umschriebene Gegend, welche ich als centrum genitospinale bezeichnen werde. Sie entspricht dem vierten Lendenwirbel und von ihr entspringt der vierte Lendennerv, welcher zwi-

Digitized by Google

schen dem vierten und fünften Lendenwirbel hervorkommt. Sie nimmt einen Raum von nur wenigen Linien ein. Ging ich weiter nach Oben, oder weiter nach Unten, so blieben die ductus deferentes ganz ruhig. Sobald ich aber an diese Stelle kam, so traten fast im Momente die peristaltischen Bewegungen der ductus deferentes ein, und hörten rasch nach der Reizung auf. Durchschnitt ich einen der beiden Nerven und reizte dann das Rückenmark an jener Stelle, so traten nur sehr geringe Bewegungen an derselben Seite (in Folge der Verbindung zwischen beiden Nerven), sehr energische auf der unverletzten Seite ein.

Ausser den ductus deferentes sieht man nach derselben Reizung sowohl des n. sympathicus, als auch des Rückenmarks die Blase und den unteren Theil des Mastdarms sich energisch contrahiren. Diese Organe bewegen sich zwar auch spontan, aber man wird bei der Reizung auf der Stelle bemerken, dass hier ein neuer Impuls eingewirkt haben muss. So plötzlich, nachdrücklich und constant folgen der Reizung die Hebungen und Zusammenziehungen dieser Theile.

Der uterus und die tubae Fallopiae verhalten sich genau so, wie die ductus deferentes. Es versteht sich von selbst, dass bei der Reizung des Rückenmarks die angewandten galvanischen Ströme nicht zu stark sein dürfen, weil sonst Stromschleifen entstehen und daher auch höher gelegene Theile des Rückenmarks Einfluss auf die Bewegung der genannten Theile zu haben scheinen. So erkläre ich mir, dass Brown-Séquard den von mir als centrum genitospinale bezeichneten Abschnitt nicht so begränzt ansehen will. — Meine noch ganz vor Kurzem wiederholten Versuche bestätigten die frühern Resultate.

Bewegungen der genannten Theile vom Gehirn und verlängerten Mark aus.

528. Ausser dem untern Rückenmark gibt es aber noch andere Theile des Cerebrospinalsystems, von dem aus durch Reizung Bewegungen der Geschlechtstheile, der Blase und des Mastdarms veranlasst worden sind. Zuerst habe ich [1]) in einer ganz entschiedenen Weise beobachtet, dass nach mechanischer oder chemischer Reizung (durch Kali causticum) des kleinen Gehirns und der medulla oblongata der ductus deferens und bei weiblichen Thieren der uterus sich contrahirte. Durch Zusammenziehung des ductus deferens hob sich der Hoden ganz in die Höhe. — Ich sah damals den rechten Lappen des kleinen Gehirns auf den linken Hoden wirken, und umgekehrt. — Diese Versuche gelingen jedoch keineswegs immer, aber wo ein passendes Thier sich findet, da sind die Resultate so schlagend, dass man nicht den geringsten Zweifel aufkommen lassen kann. Bestätigt wurden besonders in Beziehung auf den uterus die Versuche

1) Budge, Untersuch. über das Nervensystem. Erstes Heft. 1841. p. 160 und 173.

Digitized by Google

von vielen Seiten, namentlich von Valentin[1]), R. Wagner[2]), Bertling und H. Nasse[3]), Kilian[4]), Heddaeus[5]), Spiegelberg.[6])

Auf welchem Wege von dem kleinen Gehirne und dem verlängerten Marke bis zu der Blase, den Geschlechtstheilen, dem Mastdarme die Nervenerregung fortgeleitet wird, ist noch nicht völlig ausgemacht. Es können nämlich verschiedene Zweige des n. sympathicus und des n. vagus in Betracht kommen. Man hat nun auch in der That von beiden Nerven aus durch Reizung Bewegung veranlasst. Fernere Untersuchungen sind indess zur Aufklärung erforderlich.

Spontane Bewegungen der Blase, der Geschlechtstheile und des Mastdarms.

529. Die genannten Organe bewegen sich auch spontan, d. h. ohne angewandten äussern Reiz. Die Ursache der Bewegung ist ebenso wenig noch hinlänglich bekannt, wie die des Herzens und Darms. Man kann nicht durchweg behaupten, dass diese Organe sich um so leichter und stärker bewegen, je mehr entwickelt sie sind. Denn ich habe gerade in Betreff des uterus bei neugebornen Kaninchen eine viel energischere, spontane Contraction beobachtet, als bei erwachsenen. Selten fehlte sie bei jenen, während ich sie häufig bei diesen vermisste.[7])

III. Ernährung und Absonderung.

Einfluss der Nerven auf Blut- und Athembewegungen.

530. Zur Ernährung und Absonderung gehören vor Allem Blut und die thätigen Zellen. Bei dem Blute kommen aber wiederum in Betracht, 1) die mechanischen Verhältnisse; dass es regelrecht zuströme, weder stocke, noch zu rasch abfliesse, dass der Seitendruck nicht zu stark und nicht zu schwach sei, dass die endosmotischen Prozesse keine Störung erleiden. 2) Die Mischung des Blutes. — Diese beiderlei Bedingungen hängen aber zu einem grossen Theile von den Bewegungen ab und diese wieder vom Nervensystem. Dass die Bewegungen des Herzens und der Gefässe auf die mechanischen Verhältnisse bei der Ernährung wirken, ist aus der Cirkulationslehre vollkommen klar, aber auch bei der Blutmischung spielt die Bewegung, namentlich die Respirationsbewegung eine grosse Rolle, weil eben mit ihren Veränderungen die Aufnahme und Ausscheidung der

---

1) Valentin in s. Repertorium. 1840.
2) R. Wagner in Nachrichten der Göttinger Universität. 1860. No. 7, 12, 16.
3) Bertling, Nonn. exp. de vi, quam nervi in uteri contr. exerc. Marburg 1853.
4) Kilian in Zeitsch. für rat. Medizin. 1851.
5) Heddaeus, Inauguraldiss. Würzburg 1851.
6) Spiegelberg in Zeitschr. für rat. Medizin. Dritte Reihe. 1857. II, 1.
7) Der Eintritt der Geburt beim Menschen scheint mit Verdünnung der Uteruswandungen zusammenzuhängen, s. Veit in den Verhandl. der geburtsh. Gesellsch. in Berl. 1853. 7. Heft. p. 102.

Digitized by Google

Gasarten, von denen schliesslich die Blutmischung am Meisten abhängt, in nicht geringem Grade bedingt wird. — So wirken also einestheils die Nerven auf die Bewegung des Herzens und der Respirationsorgane, anderntheils auf die Gefässe der einzelnen Organe und dadurch wieder auf den Stoffwechsel ein. Wir können mithin in dieser Beziehung einen den ganzen Körper betreffenden Einfluss des Nervensystems auf Ernährung unterscheiden und einen lokalen. Jener wird sich in Krankheiten zwar in allen Organen, am Meisten aber in denen äussern, welche den geringsten Widerstand zu leisten vermögen (partes minoris resistentiae), dieser sich bloss örtlich zeigen. So werden wir z. B. die Abmagerung in Folge von anhaltenden Gemüthsaffecten durch den Zusammenhang uns klar machen, welcher zwischen Gehirn und den Nerven des Herzens und der Respiration einestheils, sowie zwischen diesen und dem Blutumlauf und der Athmung andererseits besteht.

Einfluss der Bewegungsnerven auf Ernährung.

531. Es schliesst sich hieran zunächst die Bewegung der Ausführungsgänge von Secretionsorganen. Die meisten dieser Gänge besitzen Muskelfasern und Nerven, welche letztere ohne Zweifel an der grössern oder geringern Thätigkeit in der Bewegung ihren bedeutenden Antheil haben und somit auch an der Absonderung selbst. Die Menge des in den Muskeln kreisenden Blutes steht in enger Beziehung zu den Leistungen, welche der betreffende Muskel zeigt. Der viel bewegte Muskel ist blutreicher, aber dadurch auch zu einer reichlichen Ernährung befähigter, als der wenig oder gar nicht bewegte. Wenn also ein Glied gelähmt ist, muss es nothwendig abmagern, wie auch die Erfahrung lehrt.

Gefühlseinfluss.

532. Die Blutcirculation wird bekanntlich durch Reizung eines Theiles gestört, es entsteht Stockung (p. 292), durch welche wieder die Ernährung leidet. Die Reizung kündigt sich durch Schmerz an. ihre Fortdauer kann daher oft vermieden werden, wenn die Ursache des gefühlten Schmerzes aufgehoben werden kann. Durch Mangel des Gefühls wird daher die Verbreitung eines Reizes nicht aufgehalten, welche unter normalen Verhältnissen zu umgehen gewesen wäre. Somit hat auch das Nervensystem, in sofern es das Gefühl vermittelt, Einfluss auf Ernährung. —

Folgen der Nervendurchschneidung.

533. Der Einfluss des Nervensystems auf Bewegung und Gefühl erklärt also sehr natürlich eine Menge von Beziehungen, welche dies System zu den Ernährungsvorgängen hat. Sehr viele Erscheinungen, welche nach Durchschneidung verschiedener Nerven beobachtet wurden, lassen sich auf diesem Wege deuten. Die wichtigsten sind folgende:

n. ischiadicus.

534. Wird bei Fröschen der n. ischiadicus durchschnitten und die Thiere im Wasser gehalten, so schwillt das gelähmte Hinterbein nach einigen Tagen wassersüchtig an; besonders sammelt sich Flüs-

Digitized by Google

sigkeit an den Füssen, es stossen sich, wenn das Wasser im Gefässe nicht erneuert wird, grosse Stücke Oberhaut ab, Pilze bilden sich, es entstehen selbst Geschwüre und einzelne Zehen, die Schwimmhaut, der ganze Fuss kann zerstört werden (Valentin [1]], Stilling)[2]). Wird hingegen das Glied nur mit feuchtem Moos umgeben und nicht vom Wasser umspült, so bleiben diese Erscheinungen aus (Bidder).[3]) — Bekanntlich ist die Verbindung der Froschhaut mit den darunter liegenden Theilen sehr locker und leicht dringt endosmotisch Wasser durch, wenn der Theil wenig bewegt wird. Man sieht das auch ohne alle Nervendurchschneidung. Durch den Druck der Flüssigkeit leidet die Cirkulation und es entstehen daher solche Ernährungsstörungen.

n. trigeminus.

535. Wird der n. trigeminus, nachdem er durch das ganglion Gasseri gegangen ist, durchschnitten, so treten merkwürdige Erscheinungen am Auge ein, welche zuerst Magendie beobachtete.[4]) Die Gefässe der conjunctiva fangen sehr rasch sich zu röthen an, es tritt bald eine starke Schleimabsonderung ein. Nach 24 Stunden trübt sich die cornea, später wird sie weiss und undurchsichtig. Die conjunctiva entzündet sich und eitert. Nach zwei Tagen entzündet sich auch die iris, es bilden sich Pseudomembranen. Nach drei Tagen sind die Augenflüssigkeiten trübe, fliessen aus, und das Auge ist zu einem kleinen Tuberkel zusammengeschmolzen. — Diese Erscheinungen treten deutlicher ein, wenn der Einschnitt vor, weniger, wenn er hinter dem ganglion Gasseri gemacht wird. So beobachteten Magendie, Longet und Bernard, während Schiff keinen wesentlichen Unterschied bemerkt haben will. — Im ganglion vereinigt sich mit dem trigeminus noch ein Ästchen vom n. sympathicus. Nach Durchschneidung des n. sympathicus am Halse wurden schon von ältern Beobachtern (Petit, Molinelli, Dupuy)[5]) Erscheinungen beobachtet, welche auf eine Störung der Blutcirculation hindeuten, indem Gefässerweiterungen stattfinden (s. p. 289). Hierdurch ist es erklärlich, dass Durchschneidung des n. trigeminus vor dem ganglion intensivere Erscheinungen hervorbringt, als dieselbe Operation hinter dem gang-

1) Valentin, De funct. nerv. Bern 1839.
2) Stilling in Müller's Arch. 1851. p. 279.
3) Bidder, ebend.
4) Man vgl. Magendie, Journ. de phys. exp. 1824. IV, 176. — Longet An. und Phys. des Nervens., übers. von Hein. II, 134. — Herbert-Mayo in Magendie Journ. III, 356. — Valentin, De funct. nerv. 1839. p. 23 u. 157. — Schiff, Unters. zur Phys. des Nervens. Frankfurt 1855. I, 2; und Phys. I, 381. — Gräfe in s. Arch. 1854. I, 306. — Snellen, De vi nerv. in inst. Utr. 1857. — Bernard, Leçons. II, 48. — Marfels in Moleschott's Unters. 1857. II, 214.
5) Vgl. Longet, An. und Phys. d. Nervens., von Hein. II, 544.

Digitized by Google

lion. Da auch diese beträchtliche Ernährungsstörungen am Auge erzeugt, so ist zu vermuthen, dass die Nerven der a. ophthalmica theilweise wenigstens dem n. trigeminus angehören. — Snellen schreibt die Veränderungen am bulbus bloss von mechanischen Insulten her, denen das gefühllos gewordene Auge ausgesetzt sei, weshalb bei Verhütung solcher Eingriffe auch die Verschwärung der cornea ausbleibe. — Nach Schiff's Beobachtungen ist diese Annahme nicht begründet.

Ausser den Gefässerweiterungen am Auge werden solche auch an der Nasenschleimhaut wahrgenommen.

n. vagus. 536. Nach Durchschneidung beider n. vagi färben sich viele Lungenpartien dunkelroth und lassen sich nicht vollständig mit Luft füllen, beim Durchschneiden quillt eine seröse schaumige Flüssigkeit reichlich hervor, es bildet sich sogar Emphysem. — Man hat auch diese Erscheinungen denen nach Durchschneidung des n. trigeminus an die Seite gesetzt, namentlich wurden sie von Schiff von den vasomotorischen Nerven erklärt. Indess muss ich auf eine Beobachtung hinweisen, welche ich bei Kaninchen machte, denen durch ein um die trachea gelegtes Band die Zufuhr von Luft theilweise gehindert war. Ein solches Thier athmete in der Minute nur 48 Mal, war sehr unruhig, ängstlich, athmete höchst beschwerlich und bot Erscheinungen dar, die ganz ähnlich denen nach Durchschneidung beider n. vagi waren. Nach dem Tode zeigten die Lungen einen hohen Grad von Hyperämie, es fanden sich Ecchymosen und emphysematöse Erweiterungen, im obern Lungenlappen missfarbiges Infiltrat. [1]) — Ohne grade behaupten zu wollen, dass die Gefässnerven bei den Veränderungen der Lungen nach der Durchschneidung beider n. vagi nicht Antheil haben könnten, halte ich diese Annahme doch noch nicht für gesichert. Jedenfalls scheint der Einfluss des verminderten Luftdrucks in den Lungen, welcher bei den lang gedehnten Inspirationen nach jener Operation vorhanden ist, Beachtung zu verdienen. — Nach Durchschneidung nur eines n. vagus fehlen meistens alle Erscheinungen, was Schiff von dem Austausch der Zweige beider n. vagi nach der einen und andern Lunge zu erklären sucht. Auch diese Thatsache spricht mehr für die oben angegebene Theorie. [2]). — In seltenen Fällen fehlt nach Schiff (Phys. p. 411) die

---

1) Waldeyer in Deutscher Klinik. 1860. p. 249.

2) Über den Einfluss der n. vagi auf Ernährungserscheinungen der Lunge vgl. Legallois, Rech. sur les fonct. du syst. nerv. Paris 1824. p. 195. — Senac, Traité de la Structure du coeur. — Longet, An. u. Phys. des Nervensystems. II, 257. — Billroth, Diss. de nat. et caus. pulm. aff. Berol. 1852. — Arns-

Digitized by Google

Lungenentartung nach Durchschneidung beider n. vagi ganz oder theilweise, was dieser Forscher dadurch zu erklären sucht, dass die Gefässnerven für die Lungen in solchen Fällen ganz fehlen oder einen andern Weg nehmen. Nach meinem Dafürhalten hängt dies davon ab, dass in einzelnen Individuen die Inspirationen weniger gedehnt sind, daher der Seitendruck des Bluts in den Lungen und dessen Folgen geringer werden.

Über die Wirkung der Vagusdurchschneidung und der Exstirpation des plexus solaris und mesentericus superior auf die Absonderung des Magens und Darms, s. o. bei Darmbewegungen, p. 782.

Nerveneinfluss auf Vermehrung des Leberzuckers.

537. Der Einfluss der Nerven auf die Entstehung von Zucker im Harn und Blute ist in den letzten Jahren Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen. Dass die Verletzung einer Stelle in der vierten Hirnhöhle die Zuckerbildung vermehrt, ist schon oben p. 201 angegeben worden. Ebendaselbst ist auch erwähnt, dass nach Bernard und Schiff Zuckervermehrung in der Leber ihre Quelle habe. Schiff fand, dass nach Unterbindung der venae advehentes der Nieren, wodurch alles Blut der Hinterextremitäten die Leber durchsetzen musste, diabetes entstand. Stets sah er nach dem Stich ins verlängerte Mark die Lebergefässe ausgedehnt. — Es ist nun allerdings nicht unwahrscheinlich, dass durch Blutfülle der Leber auch die Zuckerbildung sich steigert, — und dass diese Blutüberfüllung durch Lähmung von Gefässnerven bewirkt werden könne. Man wird hier zunächst wieder auf den n. sympathicus geführt. In dieser Beziehung sind die Versuche von Pavy [1]) zu erwähnen, nach welchen Durchschneidung des obern Brustganglion und des obern Halsganglion diabetes hervorbrachte. — Diese Versuche schliessen sich an die oben p. 202. erwähnten von v. Gräfe an.

Hierdurch gewinnt es an Wahrscheinlichkeit, dass der Weg, auf welchem die Leberhyperämie von den Nerven aus erzeugt wird, durch das Rückenmark führe und von hier aus vermittelst der rami communicantes den n. sympathicus erreiche.

Nach Schiff lässt sich auch wirklich diabetes vom fünften Dorsalnerven sogar bis zum Sehhügel hin durch Verletzung der betreffenden Centraltheile hervorbringen.

Wiederholt hat man durch Einflüsse auf das Nervensystem diabetes bei Menschen entstehen sehen, so bei erhöhter Nervenreizbarkeit

---

berger in Virchow's Arch. IX, 197. — Traube, Beitr. z. experim. Pathologie. Berlin 1846. p. 65. — Schiff in Tübinger Arch. 1847. p. 690; und Physiologie. I, 410.

1) Pavy in Philos. Mag. 1860. XIX, 62.

Digitized by Google

(Budge)[1]), durch Ärger (Rayer)[2]), durch Erschütterungen des Kopfes (Guitard[3]], Plagge[4]]), oder allgemeine Körpererschütterungen (Griesinger).[5])

Einfluss der Nerven auf das Zellenleben.

538. Bisher war von dem Einflusse des Nervensystems auf die Ernährung die Rede, in sofern die Blut-Bewegung und Mischung durch die Nerven einer Veränderung unterliegen kann. Es fragt sich aber weiter, ob auch die Nerven auf das Zellenleben als solches wirken, d. h. ob alle die Thätigkeiten der Zelle, welche oben p. 407 fg. aufgezählt sind, von den Nerven beeinflusst werden. Es ist zwar unzweifelhaft, dass die Zelle für sich ihr Leben hat, zur Bewegung, Absonderung, Zeugung, sowie zum Wachsthum fähig ist und dass es nicht der Nerven nothwendig bedarf, um diese Äusserungen hervortreten zu lassen. Ob aber dieselben nicht vermittelst des Nervensystems in organische Harmonie mit dem übrigen Körper und unter einander gesetzt werden, ob nicht die Sympathien, über welche soviel in alter Zeit gesprochen, gedacht und geträumt worden, hauptsächlich durch diese den Zellen vorstehenden Nerven hervorgerufen und geregelt werden, ist eine andre Frage. Es fehlt noch an einer ausreichenden Menge von Thatsachen, hierüber zu urtheilen, und bei den wenigen Thatsachen bleibt es meistens noch ungewiss, ob dem Blute oder den Zellen der Erfolg zuzuschreiben ist. — Wir führen im Folgenden die wichtigsten Beobachtungen an.

1) Schon oben p. 149 wurde der Einfluss der Nerven auf die Speichelabsonderung nach dem Tode, also nach Abschliessung der Circulation beschrieben und als wahrscheinlich hingestellt, dass die Erscheinung als Wirkung der Nerven auf die Zellen aufzufassen sei.

2) Durch pathologische Erfahrungen ist bekannt, dass bei lokalen eingreifenden Leiden die ganze entsprechende Seite, auf welcher der kranke Theil liegt, sehr häufig sich durch eine geringere Resistenz und durch verminderte Ernährung noch lange Zeit nach überstandener Krankheit erkenntlich macht. Ich will als Beispiele nur zwei Fälle erwähnen, welche ich selbst beobachtet habe. Nach einer lang dauernden Blutstockung am Ende des Dünndarms und Anfang des Dickdarms, in Folge welcher Exsudationen und Verwachsungen des peritonaeum erfolgten, ist die ganze rechte Körperhälfte schwächer, ermüdet leichter, der rechte Fuss wird eher unter denselben Umständen kalt, als der linke, das rechte Ohr wird viel leichter

1) Budge in Arch. für phys. Heilk. III, 413.

2) Rayer bei Bernard, Leçons de la phys. et la path. du syst. nerv. Paris 1858.

3) Guitard in Meissner's Jahresb. 1857. p. 384.

4) Plagge in Virchow's Arch. 1858. XIII, 93.

5) Griesinger in Arch. für phys. Heilk. 1858. III, 1.

Digitized by Google

zum Sitze von Gefässausdehnung, als das linke u. s. w. — Nach einem grossen Abscess unter dem rechten m. gluteus maximus und einem immensen Eiterverlust ist die rechte Hand und der ganze rechte Arm nicht nur sichtlich magerer als der linke geworden, sondern auch kleiner. Die ganze Seite ist beträchtlich empfindlicher. — Zur Erklärung dieser Erscheinungen sind wir auf die Annahme hingewiesen, dass ein vermittelndes Organ diesen Zusammenhang unterhalte. Wahrscheinlich sind die Nerven die wesentlich betheiligten Organe, welche theils auf die Gefässmuskeln, theils auf das Gefühl, theils auf die Rumpfmuskeln — vielleicht auch auf die Zellen als solche wirken. Man kann vermuthen, dass die an einer Stelle von der Peripherie aus afficirten Nerven ihre veränderten molekularen Bewegungen dem Rückenmarke mittheilen, auf dem sich ein gereizter Zustand in derselben Hälfte weiter ausbreitet. Die sensiblen Nerven zeigen sich in erhöhter Erregung (Schmerzhaftigkeit, Ermüdungsgefühl), die motorischen Nerven veranlassen leichter als gewöhnlich Zuckungen, die Gefässnerven bald Blutüberfüllung, bald Blutleere.

3) Längst bekannt ist der Einfluss der Gemüthsaffecte auf die Secretion der Galle, der Milch, des Eiters etc., sowie auf das Bleichen der Haare. Diese Veränderungen können in einer erstaunlich kurzen Zeit erfolgen. — Man kennt aber bis jetzt den wissenschaftlichen Zusammenhang nur wenig. — Aubert und Becquerel [1]) beobachteten, dass bei einer Wöchnerin, deren Milchsecretion seit vier Tagen ganz aufgehört hatte, durch Application von Inductionsströmen, welche vier mal täglich angewandt wurden, dieselbe wieder eintrat. Hingegen konnte Eckhard [2]) keine Einwirkung auf die Milchsecretion bemerken, wenn er bei Ziegen den betreffenden Nerven, n. spermaticus externus, durchschnitten hatte. —

4) Samuel [3]) nimmt besondere trophische, von den vasomotorischen verschiedene Nerven an, welche zum Theil in den Bahnen der Gefühlsnerven liegen. Er fand namentlich durch Reizung des n. auriculo-temporalis, der laryngei etc. Entzündung in den betreffenden Organen und durch Durchschneidung Atrophie entstehen. Die Neigung zu Gangränescenz in Theilen, deren Empfindung aufgehoben ist, schreibt er auch diesen Nerven zu.

5) Schiff beobachtete, dass nach Nervendurchschneidungen die Knochen in den ersten Monaten nach der Operation atrophisch, dünnwandig, mit grössern Markkanälen versehen seien und weniger

---

1) Aubert, in Gaz. des hopit. 1856. No. 104. — Meissner, Jahrb. 1856. p. 359. u. 1857. p. 383.

2) Eckhard, Beitr. I, 12.

3) Samuel, Die trophischen Nerven. Leipzig 1860.

Digitized by Google

Kalksalze enthalten, dass aber nach 1 oder 1½ Jahren einzelne Knochen hypertrophisch werden, was nach Schiff eine Folge der Erweiterung der kleineren Blutgefässe ist.

C. Functionen der einzelnen Nervenpartien.

I. Grosses Gehirn.

Grosses Gehirn.

539. Die Hemisphären des grossen Gehirns sind die Körperorgane, durch welche auf die Seele eingewirkt wird und auf welche die Seele zurückwirkt. Insofern kann man allerdings die Hemisphären des grossen Gehirns das Seelenorgan nennen, wobei man aber nicht anzunehmen braucht, dass die psychischen Eigenschaften eine Function des Gehirns sind. Die Seele gibt ihren Zusammenhang mit dem Körper durch Vermittelung der Sinneseindrücke und resp. durch Gehirnthätigkeit kund und affizirt das Gehirn.

Bewusstsein, Urtheil, Aufmerksamkeit, Vorstellungen, Trieb, Wille, Gedächtniss gehen mit der Zerstörung des grossen Gehirns zu Grunde. — Die Bewegungen sind nur in soweit vom grossen Gehirn abhängig, als sie von den genannten psychischen Thätigkeiten beeinflusst werden. — Zu den normalen Erscheinungen, bei welchen die Aktivität des grossen Gehirns theilweise nachlässt, gehört vorzüglich der Schlaf.

Schlaf.

Schlaf, seine wesentlichen Erscheinungen.

540. Der Schlaf beruht wesentlich auf einer Ermüdung der Organe für bewusste Empfindung und bewusstes Gefühl, sie reagiren nicht gegen die gewohnten Reize in der gewöhnlichen Stärke. Alle Thätigkeiten der sensiblen und motorischen Nerven, sowie auch der Centralorgane, welche zur bewussten Empfindung nicht nothwendig sind, dauern fort. So können also während des Schlafes die Reflexbewegungen bestehen, ebenso wie Vorstellungen, da diese sowohl durch das Gedächtniss, als auch von Aussen sich uns aufdringen können, ohne dass die Empfindungen, welche ihnen zu Grunde liegen, zum klaren Bewusstsein gekommen sind.

Veranlassungen des Schlafes.

541. Es gibt hauptsächlich zwei Veranlassungen zum Schlafe, nämlich erstens Entziehung der Erregungsmittel für die Sinnesorgane, und zweitens Verminderung der Erregbarkeit derselben. Den Sinnesnerven werden die Erregungsmittel entzogen, im Dunkeln, bei grosser Geräuschlosigkeit, bei ganz gleichartigen Eindrücken, welche schliesslich gar nicht mehr wirken, monotoner Musik, Ansehen einer gleichartigen Bewegung u. s. w. Es ist bekanntlich ein vortreffliches Mittel

Digitized by Google

zum Einschlafen, wenn man die Zahlen 1 und 2 hinter einander ausspricht und in Gedanken die Bewegungen macht, als wollte man sie immer von Neuem schreiben. Man muss dabei aber die Gedanken lediglich auf diese Operation richten.

Die zweite Veranlassung zum Schlafe ist Verminderung der Erregbarkeit der Sinnesorgane. Dies kann beispielsweise vom Blute aus geschehen. Durch Blutarmuth, Blutverdünnung, nach Aderlässen, nach Durchfällen etc. entsteht Schläfrigkeit. Andrerseits wirken Mittel, welche die Nerven abstumpfen, wie Opium, schlaferzeugend, — aber auch Einflüsse, welche die Nerven sehr in Anspruch nehmen und ermüden, langes Denken, Betrachten von vielerlei Gegenständen u.s.w. haben dieselbe Folge. Durch alle diese Mittel geschieht eigentlich immer dasselbe. Es wird Nervenkraft verbraucht. Im ersten Stadium des Zustandes, welcher durch die genannten Ursachen veranlasst wird, sehen wir die Erscheinungen erhöhter Reizbarkeit, im zweiten Stadium Abnahme der Erregbarkeit vor uns. Sobald dies zweite Stadium eintritt, ist das Bedürfniss zum Schlafe vorhanden. Man wird es erklärlich finden, dass trotz vieler ermüdender Bewegungen doch der Schlaf sich nicht einstellen will, wenn man nur dabei erwägt, dass dazu das erste Stadium der Erregung, die erhöhte Erregbarkeit vorüber sein, und die Erregungsabnahme sich eingestellt haben muss. Den ersten Angriffspunct, von welchem aus man die Erregungsabnahme erzeugen muss, um Schlaf hervorzubringen, bilden die Empfindungsnerven, denen man, wie gesagt, den Erregungsstoff entzieht oder sie überreizt; den zweiten Angriffspunct haben wir in den Centraltheilen als den Trägern der bewussten Empfindungen und des bewussten Willens zu suchen.

Ausgangsstellen des Schlafes

542. Es ist nicht leicht zu bestimmen, ob die Erscheinungen des Schlafes von den Centraltheilen des Nervensystems oder von den peripherischen Theilen der Sinnesnerven ausgehen. Sicher ist es, dass wenn Urtheil und Überlegung schon fast ganz geschwunden sind, doch die Sinne noch nicht ganz schlafen. Am längsten scheint das Ohr wach zu sein, zuerst schläft das Auge, dann der Tastsinn ein. Wie es mit dem Geruch- und Geschmacksinn sich verhält, ist unbekannt.

Da die Sinnesnerven sowohl von innern, als von äussern Ursachen erregt, also auch ermüdet und überreizt werden können, so kann der Schlaf auf dem einen oder andern Wege zu Stande kommen. Es ist unmöglich, sich den Erregungen zu entziehen, und deshalb tritt auch der Schlaf trotz der grössten Ruhe ein.

Grade des Schlafes.

543. Es gibt verschiedene Grade des Schlafes, welchen jedoch allen eine Abnahme des Bewusstseins gemeinschaftlich ist. Je tiefer der Schlaf ist, desto stärker ist dieselbe. Der Traum und

Digitized by Google

das Schlafwandeln hingegen sind Beispiele, in welchen die Vorstellungen und der Trieb schon bedeutend in den Vordergrund getreten sind. Durch innere Ursachen werden die Sinne in Thätigkeit versetzt, man sieht allerlei Gestalten, regelmässige und unregelmässige, hört Stimmen u. s. w. Vorstellungen werden erweckt, wie beim Wachen, — aber es fehlt immer dabei die Fähigkeit der Sinnesorgane, von äussern Erregungen affizirt zu werden, und das Bewusstsein wird deshalb nicht klar. — Wenn wir die Ausdehnung des Bewusstseins während des Schlafes näher betrachten, so bemerken wir, dass die Richtung desselben auf die Empfindungs- und Gefühlssphäre, welche man als Aufmerksamkeit bezeichnet, ungleich geringer ist, als die Richtung auf die Bewegung, welche man als Trieb und Wille bezeichnet. Daher kommt es, dass von den Vorstellungen, welche im Traume vorkommen, die Erinnerung gewöhnlich nicht lange nachhält, Träume vergessen sich leicht, theilweise oder ganz, weil die Aufmerksamkeit fehlt. — Umgekehrt kann ein Zustand vorkommen, welcher der Beschreibung nach manche Ähnlichkeit mit dem Schlafe hat und doch sehr verschieden von ihm ist, so z. B. wenn man mit seinen Gedanken sich so in einen Gegenstand vertieft, dass man ganz von der Aussenwelt abgezogen, Nichts hört und Nichts sieht; und doch ist dies kein Schlaf, weil die Aufmerksamkeit in hohem Grade wach ist.

Schlaf und Bewusstlosigkeit.

544. Auf der andern Seite ist wieder der Schlaf sehr verschieden von der Bewusstlosigkeit. In letzterer sind die Organe krank, welche zum Bewusstsein erforderlich sind, im Schlafe hingegen sind sie nur ermüdet und erholen sich, wenn die Ermüdung vorüber gegangen ist. Man kann sich denken, dass im Schlafe die kleinsten Nerventheilchen kein Streben, keine Spannung mehr haben, um in Bewegung zu gerathen, aber wohl noch die Fähigkeit. Es kann auch diese Spannung jeden Augenblick wieder eintreten.

Erwachen.

545. Das Erwachen aus dem Schlafe erfolgt entweder von selbst, oder durch Reize. Von selbst wacht man auf, wenn die Nerventheilchen von ihrer Ermüdung sich wieder erholt haben; durch Reize hingegen, wenn die erregende Kraft grösser ist, als der durch die ermüdende Ursache hervorgerufene Widerstand. Durch Anstossen, durch Schmerz kann der Schlaf aufgehoben werden. Die Gefühlsnerven affiziren die leiblichen Organe des Bewusstseins, so dass die Ruhe der Nerventheilchen in Bewegung übergeht. Ebenso wecken Geräusch, Gesichtseindrücke, selbst lebhafte Träume auf.

Bedürfniss des Schlafes.

546. Das Bedürfniss des Schlafes steht in gradem Verhältnisse zur Grösse der Ermüdung der das Bewusstsein vermittelnden Organe, der äusseren Sinne und des Gehirns, sowie auch in gradem Verhältnisse zur Grösse der Erregbarkeit. Bei Kindern, deren Sinne von

Digitized by Google

einer ausserordentlichen Menge ganz neuer Erregungen affizirt werden, stellt sich Ermüdung leicht ein, ihre Erregbarkeit ist nebenbei beträchtlich gross. — Umgekehrt ist es im Alter.

Muskelbewegungen im Schlafe.

547. Im Schlafe sind die Muskelbewegungen keineswegs im Zustande der Ruhe, wie nach dem Tode, vielmehr können auch solche, welche während des Wachens unter der Herrschaft des Willens stehen, thätig sein. Beim Menschen ist namentlich der orbicularis palpebrarum contrahirt, der bulbus steht nach Innen, die untere Extremität ist gewöhnlich in Beugung, — viele Thiere schlafen stehend. — Reflexbewegungen kommen während des Schlafes leichter zu Stande, vgl. Reflexbewegungen p. 731. — Die exacte Erklärung jener eben genannten Bewegungen lässt sich nicht geben. — Die unwillkührlichen Bewegungen sind nicht unterbrochen, die Pupille ist verengt, wahrscheinlich in Folge der Mitbewegung zur Drehung des Auges nach Innen; die Bewegungen des Herzens, der Respiration, des Darmkanals (Laxantia wirken auch während des Schlafes), der Geschlechtstheile (Pollutionen — Geburt) dauern fort, wie sich schon aus dem Wesen des Schlafes ergibt.

Jedoch sind Herz- und Athembewegungen und somit auch die Wärmebereitung während des Schlafes seltener, als während des Wachens, auch alle Absonderungen sind geringer.

Harnsecretion im Schlafe.

548. Der Unterschied zwischen Tag- und Nachtharn wird im Mittel aus 82 Versuchstagen von Kaupp [1]) in folgender Weise angegeben:

	Tag.		Nacht.	
Harnvolumen	889,7	C. C.	467,7	C. C.
Harnstoff	18,337	Grm.	14,081	Grm.
Chlornatrium	12,057	»	4,989	»
Phosphorsäure	1,721	»	2,078	»
Feste Bestandtheile überhaupt	42,742	»	28,357	»

Es ist merkwürdig, dass, während im Schlafe alle übrigen Bestandtheile des Urins abnehmen, nur die Phosphorsäure sich vermehrt, was schon früher von Böcker beobachtet war.

Andere Secretionen.

549. Die Menge der CO_2 nimmt nach Scharling ungefähr um $^1/_4$ ab, die Thränenabsonderung ist gering, wegen Verminderung der Bewegung im Schlunde wird der sich im Rachen ansammelnde Schleim nicht verschluckt und erregt oft Beschwerde nach dem Erwachen, die Secretion der Maibom'schen Drüsen wird bei dem Mangel des Blinzelns im Schlafe nicht weggeführt und findet sich vertrocknet an den Augenrändern.

1) Kaupp in Arch. für phys. Heilk. 1856. — Vgl. auch Sick, ebend. 1857. p. 482. — Böcker in Acta leop. XXV; und Arch. für gemeins. Arb. II.

Digitized by Google

Es lässt sich bis jetzt nicht bestimmen, ob die Veränderungen in der Absonderung in eine Beziehung mit der Unthätigkeit der angegebenen Sphären des Nervensystems zu bringen sind, oder nicht.

Blutcirculation im Gehirn.

Unterbindung der Gehirngefässe.

550. Wenn die vier Arterien des Gehirns, a. carotides und vertebrales, unterbunden werden, so tritt sehr gewöhnlich der Tod ein (A. Cooper), nachdem heftige, epilepsieartige Krämpfe vorhergegangen sind (Kussmaul und Tenner [1]), welche nicht ausbleiben, wenn die Hemisphären des grossen Gehirns vorher exstirpirt waren. — Die Krämpfe sind wahrscheinlich Reflexkrämpfe in Folge der Entziehung des cerebralen Einflusses (vgl. p. 721). — Der Tod entsteht durch Ertödtung des verlängerten Marks.

Unterbindung der Carotiden.

551. Unterbindung beider Carotiden bei Thieren bringt keine in die Augen fallenden Erscheinungen hervor. Wenn man hingegen solchen Thieren den Schädel öffnet, so findet man sehr häufig Blutleere der vordern Gehirntheile.

Bei Menschen hingegen nimmt die Unterbindung einer carotis nicht selten einen tödtlichen Ausgang, so dass ungefähr unter drei Operirten einer stirbt. Indess sind auch schon beide Carotiden mit glücklichem Erfolge unterbunden worden. [2]) — Schiff [3]) beobachtete, dass nach Druck einer carotis am Halse die entsprechende Gesichtshälfte blässer, das Sehfeld verdunkelt wird, und dass auf der entgegengesetzten Körperhälfte eine Abnahme der Empfindung eintritt.

Unterbindung der a. vertebrales.

552. Die Unterbindung der Vertebralarterien bringt nach A. Cooper bei Thieren Beschleunigung der Respiration und Schwächung der Vorderfüsse, nach Schiff eine eigenthümliche Unbehülflichkeit in der Bewegung hervor. Da nach Durchschneidung der Nackenmuskeln ähnliche Erscheinungen beobachtet werden (Longet) [4]), so glaubt Schiff dies auch als Folge des Druckes auf diese Arterien ansehen zu müssen. Weil nämlich der Kopf nicht mehr nach Oben gehalten wird, so drücke er durch die an der untern Seite des Felsenbeins befindliche bulla ossea gegen den Querfortsatz des atlas, da wo über ihn weg das Ende der Vertebralarterien tritt.

Venenstauung im Gehirn.

553. Das Venenblut des Gehirns hat nach vielen Seiten hin einen Abfluss: durch grössere und kleinere Schädelöffnungen, nament-

---

1) Kussmaul und Tenner in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. 1857. III, 1.

2) Vgl. Idzikowsky, De ligatura carotid. Gryph. 1852.

3) Schiff, Phys. I, 108.

4) Longet, Anat. und Phys. des Nervensystems; übersetzt von Hein. I, 183. Anmerkung.

Digitized by Google

lich das foramen jugulare, die fissurae orbitales, das foramen magnum, und viele kleinere Öffnungen. Da das Gehirn überall mit unnachgiebigen Wänden umgeben ist, so übt eine Blutvermehrung leicht einen Druck aus, was sich beim Herabbücken des Kopfes alsbald zu erkennen gibt. Es entsteht bei vielen Menschen leicht Schwindel, Störung in der Empfindung und den Sinneswahrnehmungen.

Bewegungen des Gehirns

554. Die Bewegungen, welche Gehirn und Rückenmark während des Lebens zeigen, sind nur passiv. Während des Ausathmens hebt sich jedes Mal das Gehirn, weil sich die Venen mehr mit Blut füllen, und umgekehrt senkt sich das Gehirn während der Inspiration, weil eine grössere Menge von Blut Aufnahme in dem erweiterten Herzraume findet — respiratorische Hirnbewegung. — An den Fontanellen neugeborner Kinder und bei blossliegendem Gehirn von Thieren ist die Beobachtung leicht zu machen. Bei grössern Thieren hebt sich auch das Gehirn während der systole der Kammern, d. h. mit dem Arterienpulse, weil die Arterien dann mit mehr Blut gefüllt werden — arterielle Hirnbewegung — (Ecker[1], Flourens[2]). —

Cerebrospinalflüssigkeit.

555. In den Subarachnoidalräumen des Gehirns und Rückenmarks, in den Höhlen des Gehirns, in den Hohlräumen des Rückenmarks und der Geruchsnerven findet sich die sog. Cerebrospinalflüssigkeit. Sie fliesst in einem kleinen Strahle aus, wenn man den dreieckigen Raum zwischen Hinterhaupt und atlas blossgelegt und die arachnoidea angestochen hat, ebenso wenn man die Rückenmarkshüllen vorsichtig öffnet, was selbst bei frischen Leichen noch deutlich ist. Sie beträgt nach Magendie[3]) bei Menschen ungefähr 60 Grm. Magendie beobachtete nach ihrem Abflusse lähmungsartige Erscheinungen, welche aber nach Longet von der Durchschneidung der Nackenmuskeln herzuleiten sind. Alle die Räume, welche diese Flüssigkeit enthalten, stehen mit einander in Verbindung und eine Überfüllung von Blut im Gehirne kann ein Ausweichen der Flüssigkeit an andere Stellen veranlassen.

II. Kleines Gehirn und Vierhügel.

Kleines Gehirn.

556. Für die willkührlichen Bewegungen bildet das kleine Gehirn das Organ, um das Gleichgewicht zu erhalten. Namentlich erscheint auch diese Wirkung an den Augen (s. p. 758). Auch auf die unwillkührlichen Bewegungen der Geschlechtsorgane ist es von Einfluss (s. p. 788). Nur der untere Theil des Kleinhirns hat Gefühl.

1) Ecker, Phys. Unters. üb. d. Beweg. d. Gehirns u. Rückenmarks. Stuttg. 1843.
2) Flourens, Rech. expér. sur les fonct. du syst. nerv. Paris 1842. 2e Ed. p. 345.
3) Magendie, Unters. über Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit, übersetzt von Krupp. Leipzig 1843.

Digitized by Google

Vierhügel. 557. Die Vierhügel sind wesentlich die Reflexorgane zwischen n. opticus (retina) und oculomotorius (iris). — Sie zeigen besonders in der Tiefe Gefühl.

III. Verlängertes und Rückenmark.

Verlängertes Mark. 558. Das verlängerte Mark enthält die Centralorgane für Inspiration, sowie für Exspiration (s. p. 774); — es wirkt auf die Herzbewegung ein, ohne dass dieselbe von ihm unterhalten wird (s. p. 332); es ist endlich das Hauptorgan für das Gefühl, und zwar in der Art, dass die rechte Seite des verlängerten Marks auf die linke Körperhälfte et vice versa wirkt.

Das Rückenmark. 559. Das Rückenmark ist das wesentliche Organ der Reflexbewegung. — In ihm liegen zwei wichtige Centra für den Ursprung des n. sympathicus (s. p. 767 u. 787). Der Vorderstrang des Rückenmarks ist motorisch, der Hinterstrang sensibel. Die rechte Hälfte bezieht sich hinsichtlich des Gefühls auf die linke, hinsichtlich der Bewegung auf die rechte Körperhälfte, und umgekehrt. — Die hintere graue Substanz ist hauptsächlich zur Leitung des Gefühls bestimmt, ohne selbst zu fühlen.

IV. Die einzelnen Gehirnnerven.

n. olfactorius. 560. 1) N. olfactorius. Thiere, denen man diesen Nerven durchschneidet, sind so ruhig, als ob man ihnen ein Haar abschnitte. — Alle pathologischen Fälle, in denen man nach dem Tode Atrophie dieses Nerven beobachtete, waren mit Geruchsmangel verbunden. [1]) — Er verbreitet sich in den obern Theilen der Nasenhöhle und zwar sowohl in der Schleimhaut der Scheide-, als an der Seitenwand längs der obern und mittlern Muschel. Hier soll der Geruch am Deutlichsten sein. Longet gibt an, dass, wenn man den Mund und ein Nasenloch zuhält, in das andere bis zu einer gewissen Tiefe eine Glasröhre horizontal einführt, welche über einen riechenden Stoff gehalten wird, und dann einathmet, man Nichts riecht, wenn der Stoff nicht einen sehr starken Geruch hat. Halte man aber dann die Glasröhre senkrecht, so habe man eine lebhafte Geruchsempfindung. Magendie und Valentin hatten nach Durchschneidung dieses Nerven bei Thieren einen Geruchsverlust wahrgenommen. — Biffi zerstörte bei ganz jungen Hunden den tractus olfactorius. Die Wunde war nach wenigen Tagen geheilt. Die kleinen noch blinden Thiere konnten aber die Zitzen der Mutter nicht mehr finden, zu

1) Vgl. Longet, Anat. et phys. du syst. nerv. Paris 1842. II, 36. — Valentin, De funct. nerv. Bern 1839. p. 11. — Eschricht, De funct. nerv. faciei et olfactus organi. Hafn. 1825. p. 54.

Digitized by Google

welchen sie vermöge ihres Geruchs geleitet werden, bevor sie sehen können. — Schiff [1]) bestätigte diese Beobachtungen.

Obwohl der n. olfactorius gegen die Eindrücke, welche gewöhnlich Schmerz erregen, gefühllos ist, kann dennoch Schmerz durch intensive Gerüche entstehen. Man kann diese Erscheinung auf zweierlei Weise deuten. Entweder nimmt man an, dass der n. olfactorius nur eine specifische Empfindlichkeit gegen riechende Körper hat, und deshalb auch dann Schmerz fühlen kann, wenn riechende Stoffe zu intensiv sind. Etwas Ähnliches haben wir bei den Muskeln bemerkt, sie fühlen nur Schmerz, wenn sie in der ihnen eigenthümlich zukommenden Thätigkeit zu stark angesprochen werden (s. p. 697); analog verhält sich der n. opticus. — Oder man kann zweitens annehmen, dass eine Affection des n. olfactorius sich gewissermassen reflectorisch auf den n. trigeminus überträgt. — Man hat auch verschiedentlich behauptet, dass durch den n. trigeminus gleichfalls die Geruchsempfindung möglich sei, wie es in Betreff des Geschmacks sicher ist. Beweise für diese Annahme sind jedoch nicht hinlänglich begründet. — Dass nach Durchschneidung der n. olfactorii bei Thieren Ammoniak denselben unangenehm ist, wenn es vor die Nase gehalten wird, ist nicht, wie Magendie glaubte, vom Geruche, sondern von der schmerzhaften Reizung der Nasenschleimhaut herzuleiten. Ebenso wenig sind die Krankheitsfälle, z. B. von Serres, sicher genug (vgl. Longet, l. c., p. 32 u. 40), um zu einem solchen Resultate zu gelangen. — Die erstere Ansicht verdient den Vorzug.

2) N. opticus. Bei Thieren, denen man nach geöffnetem Schädel und in die Höhe gehobenem vordern Gehirne den n. opticus durchschneidet, haben die verschiedenen Beobachter [Magendie [2]), Longet [3]), Valentin [4])] keine Schmerzäusserung wahrgenommen. n. opticus.

Ich [5]) habe sehr häufig denselben Nerven durchschnitten, während der Durchschneidung aber niemals eine Reaction gesehen. Man muss bei der Operation ja vorsichtig sein, dass man den in der Nähe liegenden sehr empfindlichen n. frontalis nicht berührt. Obwohl es scheinen könnte, dass nach dem Blosslegen des Gehirns hierüber kein Urtheil zu fällen wäre, so ist dies doch wohl möglich. Denn wenn man den n. trigeminus nur berührt, so entsteht die intensivste Reaction. Ich habe Gelegenheit gehabt, im chirurgischen Klinikum in Bonn einer Exstirpation des bulbus oculi beizuwohnen, welche wegen einer melanösen Geschwulst der orbita ausgeführt wurde.

1) Schiff in Moleschott's Unters. 1859. p. 254.
2) Magendie in Journ. de phys. IV, 312.
3) Longet, Anat. des Nervens., übers. von Hein. II, 48.
4) Valentin, De funct. nerv. p. 12. §. 25.
5) Budge, Bewegung der Iris. Braunschweig 1855. p. 137.

Digitized by Google

Der bulbus war übrigens vollkommen normal. Der Kranke war chloroformirt worden und reagirte während der ganzen Operation nicht. Vor dem Momente, in welchem der n. opticus durchgeschnitten wurde, machte mich der Operateur darauf aufmerksam. In dem Augenblicke, als dies geschah, äusserte der übrigens sehr resignirte, wieder mit Gefühl versehene Kranke deutlich Schmerz. Da aber dieser durch die Durchschneidung von Ciliarnervenzweigen des n. nasociliaris entstehen kann, so beweist er nichts für die Sensibilität des n. opticus.

Wird der durch ein Glasstäbchen isolirte n. opticus bei einem noch lebenden (ätherisirten) Thiere galvanisirt, so verengt sich fast im Augenblicke, in dem die beiden Drähte die Nerven berühren, die Pupille und erweitert sich rasch nach dem Aufhören der Reizung. Wird der Nerv durchschnitten und das mit dem Gehirn zusammenhängende Ende gereizt, so erfolgt gleichfalls Verengerung der Pupille, während Reizung des andern Endes keine Wirkung hervorbringt (Mayo). [1])

Nach Durchschneidung des n. opticus hat das Licht bei Säugethieren und Vögeln keinen Einfluss mehr auf die Pupille, sie ist so weit, wie nach dem Tode. Wenn man hingegen bei einem Frosche auf einer Seite den n. opticus durchschnitten hat und dann das betreffende Auge gegen helles Licht hält, so verengt sich deutlich die Pupille. Man kann noch viel leichter diese Beobachtung machen, wenn man einem Frosche den Kopf abschneidet und das Auge exstirpirt. Die Pupille eines solchen Auges verengt sich deutlich bei hellem Lichte und erweitert sich im Dunkeln. [2])

Endlich soll im Augenblicke der Durchschneidung des n. opticus an Menschen eine Empfindung von Licht entstehen, was jedoch nicht ganz sicher ist.

Intensives Licht, welches auf die retina fällt, schmerzt; hingegen reagirt der n. opticus gar nicht, wenn er gezerrt oder durchschnitten wird. Jede Schmerzäusserung fehlt dennoch bei Thieren, in deren Auge das intensivste Licht einfällt, wenn zuvor der n. opticus desselben getrennt worden ist (vgl. hierüber, was bei n. olfactorius gesagt ist).

n. oculomotorius.

561. ,3) N. oculomotorius. Er enstpringt am Boden des aquaeductus Sylvii (Stilling). Nach den Beobachtungen von Magendie, Valentin u. A. soll er Gefühl haben, nach Longet hingegen, mit dessen Beobachtungen auch meine übereinstimmen, gefühllos sein.

Wird der durch ein untergelegtes Glas isolirte n. oculomotorius

---

1) Mayo in Journ. de phys. VIII, 349.

2) Vgl. Brown-Séquard in C. r. 1847. XXV, 482, 508. — Reinhardt in Oken's Iris. 1843. p. 733. — Mayer in Bonplandia. I, No. 22, p. 229. — Budge. Bew. der Iris. p. 141.

Digitized by Google

während des Lebens, oder unmittelbar nach dem Tode galvanisch gereizt, so verengt sich augenblicklich die Pupille. Am Besten gebraucht man zu dem Versuche Vögel, bei denen sehr lange nach dem Tode der genannte Nerv seine Reizbarkeit behält, und von Säugethieren Hunde oder junge Ziegen. Auch am Kopfe eines enthaupteten Menschen sah ich, wie viele andere Beobachter, dieselbe Erscheinung noch 20 Minuten nach der Execution, nämlich solange die Reizbarkeit des Nerven fortdauerte. Zugleich wendet sich das Auge in Folge der Reizung dieses Nerven nach Innen. Werden einzelne Zweige gereizt, so ziehen sich die entsprechenden Muskeln zusammen, so z. B. wird das Auge nach Reizung des ramus superior n. oculomotorii durch den m. rectus superior nach Oben gewendet.

Gleich nach dem Tode hat man nicht einmal nöthig, den n. oculomotorius zu isoliren, um die Verengerung der Pupille zu beobachten. Wenn man aber später dies vernachlässigt, so sieht man die Pupille sich nicht verengern, sondern umgekehrt erweitern. Dies rührt aber nicht vom n. oculomotorius, sondern von dem in der Nähe liegenden sympathicus her, welcher zu dem dilatator pupillae hingeht. Da der letztere Nerv in seiner Reizbarkeit bei Weitem gegen den n. oculomotorius zurücksteht, so tritt seine Wirkung erst deutlich in die Erscheinung, wenn der früher absterbende Gehirnnerv seine Reactionsfähigkeit verloren hat.

Nach Druck des oculomotorius in der Schädelhöhle bei Menschen fand man die Pupille erweitert (in einem Falle von Donders war sie um $^1/_4$ weiter als auf der gesunden Seite) und unbeweglich, den bulbus (durch den n. abducens) nach Aussen gewendet. Man hat selbst vorübergehend vollkommene Lähmungszustände des n. oculomotorius mit ganz gleichen Erscheinungen beobachtet (Pétréquin, Rüte, Stumpf, Donders u. A. [1])

Auch bei Thieren hört nach Durchschneidung des n. oculomotorius die Beweglichkeit des Augapfels nach Unten, Oben und Innen, sowie die des obern Augenlids auf. Das Auge steht hingegen durch das antagonistische Übergewicht des n. abducens nach Aussen. Die Pupille ist jedoch nicht constant erweitert.

562. 4) N. trochlearis. Es ist unbekannt, ob er Gefühl hat. Er regt den m. obliquus superior zur Bewegung an. n. trochlearis.

563. 5) N. trigeminus. Er tritt zwischen der Brücke und dem pedunculus cerebelli ad pontem als der stärkste Gehirnnerv hervor. Er besteht aus zwei gesonderten Theilen, welche dicht an einander n. trigeminus.

1) Vgl. Donder's Onderzoek. gedaan in het phys. Labor. 1850—52. p. 31. — Romberg, Nervenkrankh. I, 680.

Digitized by Google

liegen. Der hintere, portio major, ist viel stärker und ihm gehört das ganglion Gasseri an, wodurch er einer hintern Rückenmarksnervenwurzel gleicht. Sein Ursprung ist bis an die untere Gränze der Oliven verfolgt worden (Stilling) und soll hier mit den Kernen anderer Gehirnnerven (facialis, glossopharyngeus, vagus, accessorius, hypoglossus) nach Schröder in Communication stehen. Die vordere kleinere Portion endigt am Boden des vierten Ventrikels, sie macht einen Theil des dritten Astes des n. trigeminus (r. maxillaris inferior) aus und zwar den sog. crotaphitico-buccinatorius, welcher sich in die Muskeln masseter, temporalis, buccinator, bucco- und mylopharyngeus, pterygoideus internus und externus, tensor veli palatini, mallei internus verbreitet. Für die meisten der genannten Muskeln ist er als Bewegungsnerve auch nachgewiesen, indem Reizung Contraction veranlasst. Namentlich gilt dies von den vier Kaumuskeln. Wenn man an dem Kopfe eines eben getödteten Thieres oder eines enthaupteten Menschen die Drähte eines galvanischen Apparates in je einen trigeminus-Stamm einsteckt, so entstehen vollständige Kaubewegungen und in einem zwischen die Zähne gehaltenen Kork sieht man deutliche Zahneindrücke. Auch Bewegungen des Gaumensegels sind von Longet beobachtet worden. — Ob aber auch der m. buccinator, der bucco- und mylopharyngeus, der mallei internus auf Reizung der portio minor sich contrahiren, ist noch nicht ausgemacht. —

Die grössere Portion ist ihrem grössten Theile nach sensibel. Sie enthält aber auch motorische Fasern, worüber jedoch die Ansichten noch nicht alle übereinstimmen. Es gehören zur portio major der erste, zweite und ein Theil des dritten Astes. — Wir betrachten sie zuerst als einen sensiblen Nerven. Sie zeichnet sich durch exorbitantes Gefühl gegen schmerzerregende Eindrücke aus. Jede Berührung ruft die heftigste Reaction hervor, welche sogar erfolgt, wenn das ganze grosse Gehirn hinweggenommen worden ist. Der n. trigeminus ist der empfindlichste Nerv am ganzen Körper. Zur Erkenntniss seiner Eigenschaften dient vor Allem die Durchschneidung desselben.

Fodera [1]) und Magendie [2]) haben zuerst diese Operation in der Schädelhöhle bei Säugethieren angestellt. Man bedient sich, nach Longet [3]), dazu eines kleinen, runden Messerchens (Neurotom), dessen hölzerner Stiel ungefähr 3″, dessen stählerner Schaft etwa 2″ lang ist. Am vordersten Ende geht der Schaft in ein 2‴ langes,

---

1) Fodera, Journ de phys. exp. 1823. III, 207.
2) Magendie, ibid. 1824. IV, 172.
3) Longet, Anat. und Phys. des Nervens., übers. von Hein. II, 131.

Digitized by Google

kaum $^1/_2$‴ breites Messerchen aus. Der übrige Theil des Schaftes ist mit einem Schraubengange versehen, auf dem sich ein runder Ring auf und ab bewegen lässt. An der Seite des Stiels, welcher dem Rücken des Messerchens entspricht, ist ein Zeichen angebracht. — Zur Ausführung der Operation mache man an einem ätherisirten Kaninchen einen senkrechten Hautschnitt vor dem Ohre, gehe mit dem Finger längs des knöchernen Unteraugenhöhlenrandes von Vorn nach Hinten, bis man an eine kleine, sich wie ein Knöpfchen anfühlende Hervorragung dieses Randes gelangt. Dann wende man den Finger gerade gegen das Ende des Ohrknorpels, so wird derselbe auf die ziemlich scharfe Kante gelangen, welche der proc. condyloideus des Unterkiefers bildet. Dieser Kante folgt er bis an die hintere Ecke dieses Fortsatzes und bleibt hier stehen. Unmittelbar oberhalb dieser hintern Ecke wird der Knochen ein Paar Millimeter breit blossgelegt, und mit einem nagelartigen Werkzeuge durchbohrt. (Es ist sehr passend, den Kopf eines todten Kaninchens, dem die Schädelhöhle geöffnet und das Gehirn herausgenommen ist, zur Hand zu haben.) Hier führe man das Instrument so ein, als wolle man am vordern Rande des bulbus des andern Auges wieder herauskommen. Die Durchschneidung bringt selbst bei stark ätherisirten Thieren gewöhnlich noch Reactionen hervor, die auch nach der Operation noch eine Weile fortdauern. Ist die Operation vollkommen gelungen, so wirft sich das Thier nicht zur Seite und macht keine Drehbewegungen, auch ist kein auffallendes Sinken der Kräfte bemerklich. Die Pupille des Auges dieser Seite wird beträchtlich enger, so dass der Unterschied an beiden Seiten manchmal sogar 2 — 3‴ beträgt. (Bei andern Säugethieren, z. B. dem Hunde, tritt die Verengerung der Pupille nicht ein.) Das Gefühl der ganzen Gesichtshälfte bis hinter die Ohren ist vollkommen aufgehoben. Das Auge blinzelt nicht mehr spontan und rührt sich nicht, wenn man die cornea berührt, oder sie durchsticht. Man kann auf den n. infraorbitalis die stärkste galvanische Batterie einwirken lassen, ohne dass die geringste Schmerzäusserung erfolgt. — Durch die angegebene Operation wird der n. trigeminus vor dem ganglion Gasseri durchschnitten, so dass also dieses mit dem Auge nicht mehr in Communication steht. — In diesem Falle tritt eine Erscheinung ein, welche nicht oder kaum (Magendie, Longet) sich zeigt, wenn der Nerv hinter dem ganglion durchschnitten wird, wo also nicht nur dies, sondern auch die vom plexus cavernosus und caroticus internus des n. sympathicus zu dem ganglion tretenden Fasern noch mit dem Auge zusammenhängen. Diese Erscheinung ist das Trübwerden der cornea. Nach einem bis zwei Tagen ist dieselbe so weiss wie Alabaster, die conjunctiva schwillt und eitert, die iris röthet sich. Die cornea löst sich endlich

ab, die Augenflüssigkeiten fliessen aus, das Auge verschrumpft (Magendie).

Wenn der ganze n. trigeminus, also auch der dritte Ast durchschnitten ist, so ist die Zunge vollständig gefühllos, und die Kaumuskeln sind gelähmt.

Ich habe eine leichte Methode angegeben, um den n. trigeminus bei Fröschen zu durchschneiden. Bei stark geöffnetem Unterkiefer trennt man die Schleimhaut des Gaumens bis hinter der orbita durch einen Kreuzschnitt und setzt die beiden Spitzen einer gewöhnlichen kleinen, aber starken Scheere genau an den hintern innern Winkel der orbita so ein, dass sie nicht weiter als 1 bis $1^1/_2$''' von einander abstehen, und schliesst die Blätter. An diesem von dem os sphoenoideum und petrosum gebildeten Winkel entspringt der m. sustentator bulbi, in den die Scheerenspitzen eingreifen. Gewöhnlich wird auf diese Weise der n. trigeminus gerade mitten in dem ganglion Gasseri durchschnitten. Das Auge ist dadurch bewegungslos, es nickt nicht mehr und reagirt nicht gegen Eindrücke. Ist der Nerv vollständig durchschnitten, so ist die ganze Gesichtshälfte vollkommen gefühllos, auf einer Seite hängt der Unterkiefer herab und wird nicht mehr geschlossen. Die cornea wird zuweilen etwas trübe, aber noch nach $1^1/_2$ Monaten kann man die Pupille deutlich sehen.

Dieselben Erscheinungen, wie nach Durchschneidung des n. trigeminus in der Schädelhöhle hinter dem g. Gasseri, treten ein, wenn man zwischen Hinterhaupt und atlas alle Weichgebilde durchschneidet, bis man die dura mater vor sich hat, dann auch diese sowie die arachnoidea durchschneidet, endlich die Rückenmarksflüssigkeit ausfliessen lässt, und nun genau in der Mittellinie vom calamus scriptorius an nach Aussen zu mit einem Scheerenschnitte das halbe verlängerte Mark trennt. Die ganze Partie des trigeminus auf der operirten Seite wird dadurch gefühllos und die Pupille ausserordentlich enge. Die Verengerung der Pupille, welche nach Reizung des n. trigeminus entsteht, hat manches Eigenthümliche. Einmal tritt sie bei Kaninchen, aber nicht bei Hunden ein; zweitens entsteht sie sehr langsam und vergeht noch langsamer. Es dauert noch viel länger, als die Bewegung des Darms oder Magens nach Reizungen eintritt und wieder verschwindet. Dennoch möchte ich nicht anstehen, die Wirkung als eine motorische anzusehen. — Ein anderer Einfluss auf Bewegung, nämlich der Gefässmuskeln, ist wahrscheinlich dem trigeminus wegen der Erscheinungen am bulbus zuzuschreiben. Es war schon oben p. 792 davon die Rede, dass vermuthlich Gefässnerven mit dem n. trigeminus aus dem verlängerten Marke hervorkommen und sich im ganglion Gasseri ihnen Fäden des gleichfalls auf die Gefässe wirkenden Halssympathicus anlegen. — Eine

Digitized by Google

dritte motorische Wirkung der portio major entsteht durch Nervenfäden, welche dem n. facialis angehören, sich aber dicht an die Äste des n. trigeminus anlegen und zu den Speicheldrüsen gehen. Dahin ist zu zählen, 1) für die glandula submaxillaris die chorda (s. n. facialis); 2) für die parotis nach der Entdeckung von Bernard[1]), ein mit dem n. auriculo-temporalis trigemini verbundenes Fädchen. Nach Bernard werden Geschmacksreize, welche eine vermehrte Secretion von Parotidenspeichel veranlassen, durch die Gefühlsfasern des n. auriculo-temporalis vermittelt. Hierdurch entsteht ein Reflex auf den n. facialis, und zwar auf den petrosus superficialis minor, der mit dem n. facialis communicirt. Dieser kleine Nerv gelangt nun zuerst zum ganglion oticum und von da zu dem n. auriculo-temporalis, mit dem er zur parotis geht. Wird der n. auriculo-temporalis bei einem lebenden Thiere gereizt, so tritt sogleich Speichelfluss aus dem ductus Stenonianus ein. Wird der genannte Nerv durchschnitten, so kann durch Geschmacksreize keine Secretion hervorgerufen werden. Wird der n. facialis in der Schädelhöhle zerrissen, so kommt gleichfalls keine Absonderung auf reflectorischem Wege mehr zu Stande; nach Exstirpation des ganglion sphoenopalatinum, welches man als Vermittler denken könnte, wird die Secretion nicht gestört. Somit bleibt nur nach Bernard jene oben gegebene Erklärung übrig. — Viertens seien die Äste des n. mandibularis noch erwähnt, welche als n. mylohyoideus zu dem gleichnamigen Muskel und zum vordern Bauche des m. digastricus gehen. — Man vgl. ferner unten: Geschmackssinn, sowie n. olfactorius, p. 802.

564. 6) N. abducens. Nach den Angaben von Longet ist er gefühllos. Bei seiner Reizung nach dem Tode wendet sich noch der bulbus durch den m. rectus externus nach Aussen. Es ist durch einige pathologische Fälle (Yelloly, Jobert) und der Analogie gemäss wahrscheinlich, dass, wenn dieser Nerv gelähmt ist, das Auge sich nach Innen wendet. Wenn man in der Augenhöhle den m. rectus externus trennt, so wendet sich gleichfalls der bulbus nach Innen. n. abducens.

565. N. facialis. Der n. facialis ist reiner Bewegungsnerve.[2]) Es legen sich jedoch Fasern von sensiblen Nerven an denselben an. Nur durch physiologische Versuche ist man dazu gelangt, eine Beschreibung des Verlaufs des n. facialis, seiner Zweige und Verbindungen geben zu können. Er entspringt theilweise im vierten Ventrikel, theilweise verbreitet er sich noch weiter (vgl. Stilling und n. facialis.

1) Bernard in Gaz. méd. 1860. No. 13.
2) Bell und Shaw in Magendie Journ. de phys. I, 384. II, 66. X, 1.

Digitized by Google

Schröder v. d. Kolk). Man unterscheidet da, wo der Nerve neben der Brücke zum Vorschein kommt, zwei Portionen, eine grössere und die kleinere portio intermedia Wrisbergii. Nach Bernard's Versuchen, in welchen er den n. facialis in der Schädelhöhle durchschnitt, kommen aus der letztgenannten Portion, die er als eine eigens aus dem verlängerten Mark entspringende Abtheilung betrachtet, die beiden Zweige des n. facialis, welche schon im Schädel von ihm abgehen, nachdem er sein Kniegauglion (ganglion geniculum) gebildet hat. Diese beiden Äste sind der ramus petrosus superficialis major und die chorda tympani. Jener, mit andern nervösen Elementen gemischt, läuft durch den canalis vidianus zum ganglion sphenopalatinum. Andrerseits gehen von diesem ganglion wieder trigeminus-Fäden zu dem n. facialis hin. Die motorischen Fasern des facialis aber erreichen von dem ganglion sphenopalatinum aus den weichen Gaumen und das Zäpfchen, in deren Muskeln sich der aus dem ganglion austretende n. palatinus internus verbreitet. Durch Reizung der Wurzeln des n. facialis hat man Bewegungen des Gaumens [Debrou, Valentin[1]), Nuhn[2])] beobachtet und bei einseitigen Lähmungen des facialis von Menschen erkennt man die Wirkung auch am Gaumen, wenn die Lähmung von einer in der Schädelhöhle vorhandenen Krankheitsursache herkommt. — Die chorda tympani entspringt zwar schon am ganglion geniculum, läuft aber mit dem facialis in einer Scheide bis nahe vor seinem Austritt aus dem foramen stylomastoideum, geht dann ihren eigenen Weg, um sich nach einigen andern, nicht hieher gehörigen Verbindungen an den n. lingualis trigemini anzuschliessen, und theils mit demselben zur Zunge, theils durch das ganglion submaxillare zu der Unterkieferdrüse zu gehen. — Es ist wahrscheinlich, dass aus dem ganglion geniculum Fasern in die chorda übergehen, deren Function man ebenso wenig indess kennt, als die andrer gangliöser Fasern; vielleicht auch, dass trigeminus-Fasern, sei es durch das ganglion sphenopalatinum zur chorda oder vom lingualis durch die chorda zum facialis geführt werden. — Aus dem ganglion geniculum entsteht auch noch der n. stapedius, ohne Zweifel ein motorischer Nerv für den m. stapedius. Nachdem der Nerv aus dem foramen stylomastoideum herausgekommen ist, folgen nun die motorischen Nerven für die Ohrmuskeln, den m. occipitalis, den m. stylohyoideus, m. digastricus, alle Gesichtsmuskeln, mit Ausnahme der Muskeln des bulbus (recti, obliqui, levator palpebrae super.), und die Kaumuskeln; obgleich

---

1) Valentin, De funct. nerv. §. 72. p. 33.
2) Nuhn in Zeitschr. für rat. Med. N. F. III, 129.

Digitized by Google

der m. buccinatorius auch vom n. trigeminus ansehnliche Äste erhält, so wird er doch vom n. facialis zur Bewegung angeregt; endlich wird auch noch der m. platysmamyoides von ihm versorgt. — Ausser den bereits genannten Verbindungen des n. facialis mit andern Nervenzweigen, welche ihm Fasern von dem n. trigeminus zuführen und ihn daher empfindlich machen können, sind noch folgende andere Verbindungen mit sensiblen Nerven zu erwähnen: in der parotis, mit dem auriculotemporalis trigemini (s. n. trigeminus), hinter dem Ohre oberflächlich mit dem auricularis magnus vom dritten Cervicalnerven, und tiefer mit dem auricularis vagi, an der Stirne mit dem frontalis und supraorbitalis trigemini, auf der Wange mit dem lacrymalis, infratrochlearis, subcutaneus malae und infraorbitalis trigemini, auch ethmoidalis und buccinatorius, am Unterkinn mit dem mentalis und buccinatorius trigemini, gegen den Hals hin mit dem superficialis colli und auricularis magnus des plexus cervicalis, durch den r. stylohyoideus und digastricus mit dem n. laryngeus superior vagi und glossopharyngeus. — Diese sensiblen Fasern müssen wenigstens theilweise rückläufig sein, d. h. nicht in dem Sinne verlaufen, wie der facialis. Denn wenn man einen Ast vom facialis durchschnitten hat, so ist das peripherische Ende dieses Astes, welches nicht mehr mit dem verlängerten Marke zusammenhängt, doch noch empfindlich (Magendie). Es müssen daher beispielsweise Fasern des n. infraorbitalis, welche sich an den n. facialis anlegen, in der Richtung gegen das Ohr hin verlaufen und entweder, was unwahrscheinlich ist, durch das foramen stylomastoideum weiter gehen, oder sich an einen andern Zweig des facialis anfügen, um mit diesem an einen peripherischen Hauttheil sich zu begeben. —

Nach Magendie's [1]) Beobachtungen ist der n. facialis an seinem Austritte aus dem verlängerten Marke ganz gefühllos, was auch Valentin bestätigt. Ich habe mich neuerdings von der Richtigkeit dieser Aussprüche überzeugt, und zwar durch eine wenig eingreifende Operation. Wenn man nämlich zwischen dem Hinterhauptsbein und atlas den knochenfreien, dreieckigen Raum und dadurch auch das verlängerte Mark blosslegt und nun vorsichtig mit einer kleinen Scheere bis ans vordere Ende desselben geht, so gelingt es oft, den n. facialis zu durchschneiden; dabei bleibt das Thier vollkommen ruhig. Wenn hingegen der n. facialis im Felsenbein oder gar im Gesichte irritirt wird, so giebt sich sogleich der Schmerz zu erkennen, was nothwendig von den vielen Verbindungen des n. trigeminus mit dem n. facialis herrührt. Dies ist auch dadurch erwiesen, dass nach vorhergegangener Durchschneidung des

1) Magendie, Leçons sur les fonct. du syst. nerv. II, 208.

Digitized by Google

5. Nerven keine Reizung des facialis mit irgend einer Reaction verbunden ist (Eschricht [1]), Longet). Practisch wichtig ist es daher, dass eine Neuralgie im Verlaufe des n. facialis vorkommen kann, welche von den an dem facialis anliegenden Fäden des n. trigeminus herrührt.

Wird der n. facialis an der Stelle durchgeschnitten, wo er aus dem foramen stylomastoideum bei Kaninchen heraustritt, was, wie erwähnt, mit starken Schmerzen verbunden ist, so bemerkt man folgende Erscheinungen: das Ohr an der operirten Seite ist herabgesunken, die Tasthaare dieser Seite bewegen sich nicht, sondern nur die der andern Seite, ebenso die Nasen- und Mundhälfte beim Athemholen; das Auge kann durch den m. orbicularis palpebrarum nicht geschlossen werden. — Zugleich bemerkt man, dass bei diesen Thieren das Gesicht nach der gelähmten Seite hin verzogen erscheint; oder vielmehr, es wird die gesunde Seite mehr hervorgestreckt.

Werden die beiden Nerven durchschnitten, so fällt die Speise aus dem Munde, weil die Mundmuskeln den Mund nicht mehr zu schliessen vermögen (Longet). — Nach Bernard werden nach Durchschneidung beider Nerven an Pferden die zur Erweiterung der Nasenöffnungen während der Inspiration nothwendigen Bewegungen aufgehoben und wenn die Knorpel nicht genug resistiren, so drückt sie die dichtere äussere Luft (s. p. 71) oft vollständig zusammen, so dass sogar Asphyxie entstehen kann.

Nicht selten kommen Lähmungen des n. facialis an einer Seite bei Menschen vor. Hierbei zeigen sich folgende Phänomene: das Gefühl ist nicht alterirt, alle Athembewegungen der betr. Gesichtsseite unterbleiben vollständig, der Mundwinkel ist durch die nur einseitig mögliche Bewegung nach der gesunden Seite verzogen und ebenso die ganze gesunde Gesichtshälfte. Die Augenlider blinzeln nicht mehr und können nicht geschlossen werden, und bei dem Versuche, dies zu thun, wälzt sich oft der bulbus (durch den n. oculomotorius) nach Oben, und das obere Augenlid zieht sich in die Höhe. Die Stirne der kranken Seite kann nicht gerunzelt werden, am Lachen, Weinen, Niesen, Räuspern, Kauen nehmen die Muskeln dieser Seite keinen Theil. Die Gaumenmuskeln sind gelähmt.

Bei Reizung des n. facialis entstehen Zuckungen in allen von ihm versorgten Muskeln, auch in dem m. buccinator.

Bei Vergiftung mit Strychnin nehmen, nach Baker, die Gesichtsmuskeln der einen Seite gar keinen Theil an der Affection, wenn zuvor der n. facialis durchschnitten wurde.

---

1) Eschricht, De Funct. sept. et quinti paris nerv. in facie propriis. Havn. 1825.

Digitized by Google

Ueber den Einfluss des n. facialis auf den Geschmack, s. Sinnesempfindungen; ferner vgl. Zwangsbewegungen p. 758.

566. 8) N. acusticus. Nach Magendie verursacht seine Reizung kein Schmerzgefühl. Auch Bernard und Schiff haben ihn manchmal durchschnitten, aber niemals, wenn nicht der n. trigeminus berührt wurde, Schmerzreaction beobachtet, während ihn Brown-Séquard für empfindlich hält, was ich jedoch bezweifle. Ich habe ihn zuweilen auch verletzt, indem ich von Hinten her, von dem trigonum atlanto-occipitale aus, neben dem Wurm des kleinen Gehirns eindrang. Er ist der Empfindungsnerv für das Gehör. n. acusticus.

567. 9) N. glossopharyngeus. Das Verhalten dieses Nerven in der Schädelhöhle ist unbekannt. Da, wo man ihn erreichen kann, zeigt er deutliches aber geringes Gefühl nach den Angaben von Reid, Alcock, Cazalis und Guyot, Longet, Biffi und Morganti, während Panizza ihn gefühllos fand.[1]) — Wird er gereizt, so bewegen sich die m. glossopalatini, m. stylopharyngei und die constrictores pharyng. medii. Jedoch ist es nach Longet nicht entschieden, ob nicht diese Bewegungen von Verbindungen mit dem n. facialis und accessorius herrühren. n. glossopharyngeus.

Nach Durchschneidung sah man keine Veränderung im Schlingen (Longet), wohl aber im Geschmacksvermögen (s. u.: Schmecken). — Vgl. auch p. 150 hinsichtlich der Speichelsecretion.

568. 10) N. vagus. Sein Ursprung ist bis zur Rautengrube verfolgt worden. Er zeigt nach Schröder v. d. Kolk Verbindungsfasern mit dem Gehirn. — Gleich an seinem Austritte aus dem foramen jugulare vereinigt er sich mit dem r. internus n. accessorii innig, weshalb es schwierig ist, zu bestimmen, welche von den Functionen der vereinigten beiden Nerven dem einen oder andern zukommen. — Zur Erforschung dieses Gegenstandes hat man zwei Wege eingeschlagen, nämlich 1) den n. vagus und den accessorius jeden für sich an seiner Wurzel gereizt, um zugleich zu beobachten, welche Muskeln in Folge der einen oder der andern Reizung sich contrahiren. 2) Bernard hat den r. externus n. accessorii bis zur Schädelbasis verfolgt und den Nerven da, wo er sich an den vagus anlegt, gefasst und mit kräftigen Zügen abgerissen. Hierdurch gelingt es, die Wurzeln des accessorius zu entfernen, ohne den vagus zu verletzen. Die Section muss zeigen, ob der Versuch gelungen ist. Von Bischoff, Bernard, Hein, Volkmann, Stilling u. A.[2]) ist der n. vagus an n. vagus.

---

1) Vgl. Longet, Anat. d. Nervens., übers. v. Hein. II, 185. — Man vgl. ferner Volkmann in Müll. Arch. 1840. p. 489. — Hein, ebend. 1844. p. 297. — Biffi und Morganti, ebend. 1847. p. 355.

2) Vgl. Hein bei Longet, Anat. u. Phys. d. Nervens., übers. von Hein. II,

Digitized by Google

seiner Wurzel galvanisch und mechanisch gereizt worden, wo er also noch nicht mit dem n. accessorius eine Verbindung eingegangen war. In Folge dieser Reizung wurden Bewegungen des Schlundes, des Kehlkopfes, der Speiseröhre, des Magens beobachtet. Namentlich zuckten der levator veli palatini, azygos uvulae, pharyngopalatinus, constrictores pharyngis, cricothyreoideus, cricoarytaenoideus posticus und lateralis, der oesophagus.

Da der n. vagus auch Gefühl hat, so muss er zu den Nerven gerechnet werden, welche schon an ihrer (obwohl einfachen) Wurzel sowohl motorisch, als sensibel sind.

Welchen Antheil der ramus internus des n. accessorius, welcher sich untrennbar mit dem n. vagus verbindet, an der Wirkung des letztern hat, davon wird bei diesem Nerven die Rede sein. Die meisten Beobachtungen über die Functionen des n. vagus sind ausserhalb der Schädelhöhle gemacht worden, wo beide Nerven vereinigt sind, und darauf bezieht sich die folgende Beschreibung.

a. Wirkung des n. vagus auf die Speiseröhre und den Magen. Wird der an der Aussenseite der a. carotis communis gelegene n. vagus neben dem Kehlkopfe isolirt und, auf einem Glasstäbchen liegend, galvanisch gereizt, so zieht sich jedesmal die Speiseröhre augenblicklich zusammen. Ebenso bewegt sich auch der Magen nach derselben Reizung (wozu sich besonders einige Tage alte Ziegen gleich nach dem Tode eignen). Manchmal ist die Bewegung sehr stark und bleibt nicht, wie in andern Fällen, nur auf den Cardialtheil beschränkt; es entstehen dabei oft tiefe Einschnürungen. Manchmal hingegen ist die Bewegung viel geringer, nicht selten gar nicht vorhanden. In diesem Falle sieht man zwar das Ende der Speiseröhre sich contrahiren, aber der Magen bleibt ganz ruhig. Ja bei manchen Thieren fehlt sogar in der Mehrzahl der Fälle (ausser der Verdauungszeit) die Bewegung. Daher kam es, dass Magendie, J. Müller und ich selbst früher behaupteten, der n. vagus sei gar kein Bewegungsnerv für den Magen, was jedoch unrichtig ist. Die Bewegung sieht man am Besten an Hunden und jungen Ziegen. Bichat hat sie schon beobachtet. [1]) Zur Zeit der Verdauung scheint sie immer zu erfolgen.

---

224. Anm. — Bernard in Arch. gén. 1844 u. 45. IV, 420. V, 51. — Hein in Müll. Arch. 1844. — Volkmann in Wagner's Handwörterb. II, 584. — v. Kempen, Essai expér. sur la nat. fonct. du pneumogastr. Louvain. 1842. —

1) Vgl. Bichat, Anat. gén. Par. 1812. III, 360. — Bischoff in Müll. Arch. 1838. p. 496. — Breschet u. Milne Edwards in Arch. gén. 1825. VII, 197. — Magendie, Phys. T. II. — J. Müller, Phys. I, 505. — Valentin, De funct. nerv. p. 52. —

Digitized by Google

Wird der n. vagus beiderseits am Halse durchschnitten, so ist jedenfalls die Esslust gering, die meisten Thiere fressen gar nichts mehr. Aus dem Mangel an Hungergefühl darf man jedoch wegen der gleichzeitigen Athemnoth nicht schliessen, dass der n. vagus diesem Gefühle vorstehe. Ich habe mich vielmehr durch entscheidende Versuche überzeugt, dass trotz der Durchschneidung der beiden n. vagi, welche ich neben dem Magen wiederholt ausgeführt habe, deutliches Hungergefühl besteht (s. p. 694). Solche Thiere sah ich noch Wochen lang leben und dabei ihre gewöhnliche Esslust zeigen.

Dass die Magenbewegung nach dieser Operation geringer ist, scheint daraus hervorzugehen, dass die eingenommenen Stoffe länger im Magen bleiben. Doch hört sie keineswegs auf.

Die Verdauung ist nach der Durchschneidung der n. vagi nicht aufgehoben. Es wurden danach nicht nur sauer reagirender Magensaft, sondern auch die Speisen im Magen aufgelöst gefunden, wenn man bei Hunden, die man vor der Operation fasten liess, Nahrungsmittel in den Magen gebracht hatte. Hingegen scheinen diese Verrichtungen langsamer von Statten zu gehen, was wahrscheinlich von der verlangsamten Bewegung des Magens herrührt.

Die Resorption von Stoffen, die man in den Magen bringt, dauert nach Durchschneidung der n. vagi fort; Brechmittel und Gifte wirken, wovon ich mich selbst überzeugt habe. — Ueber die Einwirkung des n. vagus auf Darmbewegung, s. o., p. 216 und 781.

b. Wirkung des n. vagus auf die Respirationsorgane. Man studirt dieselbe, theils, indem man die beiden n. vagi am Halse durchschneidet, theils indem man sie reizt. Diese Versuche müssen am Stamm, sowie an den zugänglichen Ästen, den laryngei angestellt werden. α) Durchschneidung des n. vagus an einer Seite. Die Zahl der Athemzüge wird fast constant seltner, jedoch nur auf kurze Zeit; manchmal ist aber gar keine Veränderung der Frequenz bemerkbar. Die Ursache liegt darin, dass in Folge der Durchschneidung der Nerv gereizt wird, wodurch das Stimmritzenband dem der andern Seite genähert wird, weil sich der m. arytaenoideus der verletzten Seite contrahirt. Bei jeder Verengerung der Stimmritze wird die Respiration seltner. Von der Dauer dieser Reizungserscheinung hängt es zunächst ab, wie lange die Frequenz abnimmt. Sobald die Folgen vorüber sind, so ist das Stimmritzenband gelähmt, es bleibt, wie nach dem Tode, wird aber beim Einathmen nicht mehr soweit geöffnet, wie im normalen Zustande. Es kommt daher darauf an, wieviel durch das andre Stimmband dieser Fehler compensirt wird, was schliesslich immer zu geschehen pflegt. Es kann jedoch hierdurch die Verminderung der Athemfrequenz verschieden lange dauern. Gewöhnlich ist jedoch bald die frühere Zahl hergestellt.

Digitized by Google

β) Durchschneidung beider n. vagi am Halse. Fast im Moment, in welchem der zweite n. vagus durchgeschnitten ist, fangen die Wirkungen an sich zu zeigen. Die Zahl der Athemzüge ist um die Hälfte, ja noch mehr vermindert, die Thiere heben den Kopf, strecken den Hals, sperren oft das Maul auf, inspiriren tief und langsam mit weit geöffneten Nasenlöchern und exspiriren kurz, zeigen die grösste Gleichgültigkeit und Apathie. Man kann einem Hunde die Hand ins Maul bringen, ohne dass er beisst; ein Kaninchen in unbequeme Lagen versetzen, ohne dass es sie sogleich ändert. Die Athemnoth ist sehr gross. — Hat man vor der Durchschneidung der Nerven die Stimmritze blossgelegt, so bemerkt man, wie beim ersten Schnitt das eine, beim zweiten auch das andere Stimmritzenband sich zu bewegen aufhört, aber im Anfange schliessen sie sich aneinander, was um so stärker der Fall ist, je jünger die Thiere. Es treten Erstickungszufälle bei diesen ein, welche rasch den Tod zur Folge haben können, bei ältern Thieren geht hingegen diese Wirkung bald vorüber. — Man hat beobachtet, dass die Eröffnung der Luftröhre nach jener Operation die Erscheinungen etwas mässigt, so fand z. B. Valentin die Verminderung der Athemfrequenz bei Anlegung einer Luftröhrenfistel um $^1/_2$, ohne diese um $^7/_{10}$. Die Erklärung ist leicht. In Folge der Durchschneidung der n. vagi werden natürlich auch die weiter nach Unten von ihnen abgehenden Aeste und namentlich die recurrentes unwirksam. Die Erweiterung der Stimmritze während der Inspiration bleibt aus und wie durch leichtes Zudrücken des Kehlkopfes bei einem gesunden Thiere sogleich die Athemfrequenz abnimmt, so auch hier, s. u. recurrens. Eine Luftröhrenfistel lässt einen grössern Luftzutritt zu. Jedoch wird niemals durch eine solche der Tod abgewendet. Dieser erfolgt vielmehr unter allen Umständen, bei Kaninchen gewöhnlich schon in den ersten 24 Stunden, selten erst am 3. Tage, — bei Hunden später, selbst erst nach Wochen. Über die Ursache des Todes s. o. p. 774. Man hat denselben auf sehr verschiedene Weise zu erklären versucht, worüber die unten [1]) angegebenen Schriften zu vergleichen sind. — Bald nach der Durchschneidung steigert sich der Inspirationsdruck, wie Wundt fand,

---

1) Über Durchschneidung der n. vagi und die Ursache des durch diese Operation herbeigeführten Todes vgl.: Blainville, Nouveau bullet. de la soc. philom. Paris 1808. Emmert in Reil's Arch. IX, 380. XI, 117. — Mayer in Tiedem. Zeitschr. für Phys. II, 74. — Fr. Arnold, Bem. über den Bau des Hirns u. Rückenm. nebst Beitr. zur Phys. des 10. u. 11. Hirnnerven. Zür. 1838. I. — Wundt in Müll. Arch. 1855. p. 272. — Liebmann, Über die Rhythmik der Athembew. Tüb. 1856. — Nasse in Göttinger Arch. II, 327. — Valentin, Einfl. der Vaguslähmung auf Lunge und Hautausd. Ffrt. a. M. 1857. — Fowelin, De causa mortis post vagos diss. Dorp. 1851.

Digitized by Google

so z. B. war er vor der Operation in einem Versuche 48 mm, gleich nach derselben 252, erst vor dem Todeseintritt fällt er. — Nach Valentin steigt die absolute Menge des eingenommenen Sauerstoffs, was von der tiefen Inspiration herzuleiten ist; so z. B. in einem Versuche vor der Operation nahm 1 Kilogramm Thier in 1 Stunde 0,887 Grmm. O, 1 Stunde später 1,379. Demgemäss war auch die absolute Menge von CO_2 (sowie von N und H) vermehrt. — Die relative Menge des O im Verhältniss zur CO_2 nimmt nach Valentin bedeutend zu, weil die Stärke der Exspiration abnimmt. So fand sich z. B. das Verhältniss von O zu CO_2

vor der Durchschneidung = 1,177 Vol. O : 1 CO_2
nach „ „ = 1,600 „ „ : 1 „

— Man wird es erklärlich finden, dass die Verminderung der Athemzüge wieder einigermassen sich ausgleicht, theils weil die Reizungserscheinungen in Folge der Durchschneidung aufhören, theils weil die im ganzen Körper gefühlten Folgen der Durchschneidung eine Reaction hervorrufen, welche sich durch etwas häufigeres Athmen kundgibt.

Über die Veränderung der Lungen nach der Durchschneidung der n. vagi [1]) s. o. p. 792.

γ) Durchschneidung des n. recurrens. Der n. laryngeus superior schickt bloss in den m. cricothyreoideus Äste, hat daher auf die Verengerung und Erweiterung der Stimmritze keinen grossen Einfluss. Nach seiner Durchschneidung fehlen daher Veränderungen der Respirationsbewegungen. Als Gefühlsnerve hat er aber allerdings eine Beziehung zu denselben, wovon unten bei der Reizung dieses Nerven die Rede ist. Durchschneidung der recurrentes heben die Bewegung der Stimmbänder auf, und es gilt von ihnen das vom Stamme des n. vagus oben Erwähnte. Es entsteht in vielen Fällen vollständige Stimmlosigkeit, in andern hingegen nicht. Ich habe auch gesehen, dass dieselbe nicht den ersten Tag nach der Operation, sondern erst später eintrat. Longet hat gezeigt, dass bei jungen Thieren desshalb öfter, als bei alten, die Stimme nach der Operation nicht verloren geht, weil die Stimmritze bei jenen enger ist. Auch tragen die m. cricothyreoidei, welche von dem äussern Aste des laryngeus superior versorgt werden, dazu bei, diese Verengerung soviel zu vermehren, als zur Erzeugung der Stimme erforderlich ist.

Ferner nimmt die Zahl der Athemzüge in Folge der Durchschneidung der n. recurrentes nach Longet zu, was jedoch jedenfalls nicht constant ist und wesentlich von dem Gefühle der zu geringen Luft-

1) Man vgl. über die Veränd. der Lungen nach Vagus-Durchschneidung: Traube, Beitr. zur exper. Path. u. Phys. Berl. 1846. I, p. 65. — Longet, l. c. p. 253 fg. — Schiff in Arch. f. phys. Heilk. 1847. p. 796. 1850. p. 625. — Bernard, Leçons. II, p. 352.

Digitized by Google

menge abhängt, welches eine Ausgleichung durch vermehrte Athemzüge veranlasst.

Von den beiden Kehlkopfnerven, n. laryngeus superior und inferior, scheint der letztere ganz gefühllos zu sein, hingegen ist der erstere sehr empfindlich, besonders aber dessen ramus internus, nach dessen Reizung keine Bewegung beobachtet wurde (Longet [1]).

δ) Reizung des n. vagus. Wenn man bei einem Thiere einen oder beide n. vagi galvanisirt, so wird es sehr unruhig und hört zu athmen auf, das Athmen beginnt bald nach dem Aufhören der Reizung wieder. Wird ein Nerv durchgeschnitten und dessen oberes (centrales) Ende gereizt, so steht gleichfalls das Athemholen still (Traube). Sind beide Nerven durchschnitten, und hat in Folge dieser Operation die Zahl der Athemzüge abgenommen, so wird durch die Reizung die Respiration zuerst beträchtlich vermehrt, dann tritt Stillstand ein. — Stets hat die Reizung des centralen Endes vom n. vagus Verengerung beider Nasenlöcher und Bewegung des Stimmritzenbandes auf der andern Seite zur Folge.

Ich habe sogar bemerkt, dass nach Durchschneidung des Rückenmarks in der Gegend des dritten Halswirbels, wodurch das Brust- und Zwerchfellathmen ganz aufgehoben werden, und allein das Gesichtsathmen noch übrig bleibt, Reizung des centralen Endes eines durchschnittenen n. vagus noch eine Verengerung der Nasenlöcher und momentanes Aufhören des Gesichtsathmens zu Stande brachte. — Die Erklärung über den Stillstand des Athmens durch Reizung des centralen Endes von n. vagus s. o. p. 772.

Nach Reizung des obern Endes des durchgeschnittenen n. vagus entsteht bei Hunden häufig Erbrechen (Budge und Waller), was sich leicht erklärt, da gerade das tiefe Einathmen und der dadurch bewirkte Druck des Zwerchfells einestheils, und die Zusammenziehung der Bauchmuskeln andererseits die zwei wesentlichsten Bewegungen sind, um Erbrechen hervorzubringen.

Ebenso hat man durch Reizung des centralen Endes vom n. vagus auch Husten beobachtet (Romberg. Budge).

ε) Reizung des n. laryngeus superior. Rosenthal beobachtete neulich, dass Reizung des centralen Endes des durchgeschnittenen n. laryngeus superior die Athembewegung aufhebt, und hat diesem Nerven eigenthümliche, hemmende Wirkungen auf reflectorischem Wege zugeschrieben. — Da nun aber nach meinen [1]) Versuchen sehr viele Gefühlsnerven diese Wirkung haben, wie ich es

1) Über die Wirkung der Kehlkopfäste des n. vagus vgl. bes. Longet, Anat. u. Phys. d. Nervens., übers. v. Hein. II, 232. —

1) Budge in Virchow's Archiv. B. XVI, p. 438.

Digitized by Google

z. B. am n. splanchnicus, ischiadicus, den Intercostalnerven gesehen habe, so ist es mir zweifelhaft, ob nicht diese Hemmungserscheinung nichts Anderes sei, als eine Äusserung von Schmerz. Es ist nicht unbekannt, dass man vor Schmerz den Athem einhält, gleichviel wo jener seinen Sitz hat, oder dass durch Reizung des n. vagus bei Vögeln in Folge des Schmerzes oft die Pupille sich verengt, was auch durch Reizen anderer sensibler Nerven geschieht.

c. Wirkung des n. vagus auf die Herzbewegung, s. p. 324 und 336.

569. 11) N. accessorius Willisii. Von Bischoff u. A. wurde nach Durchschneidung der Wurzel dieses Nerven Verlust der Stimme (wie nach Durchschneidung des n. recurrens) und nach Reizung desselben Nerven von Longet Bewegungen im Kehlkopfe, Schlunde und der Speiseröhre beobachtet. — Waller fand, dass, wenn der accessorius ausgerissen ist, Reizung des n. vagus das Herz nicht mehr zum Stillstande bringt. Schiff hat dies bestätigt.

Der r. externus n. accessorii geht zum m. sternocleidomastoideus und cucullaris und soll nach C. Bell die Athembewegungen dieser Muskeln (nicht aber deren willkürliche Bewegungen) beherrschen, was jedoch von Bernard in Abrede gestellt wird. Er ist der wesentlichste Nerv, durch welchen das Schulterblatt nach Oben und Innen vermittelst des m. cucullaris gehoben wird.

570. 12) N. hypoglossus. Ob dieser Nerv an seiner Wurzel Gefühl hat, ist wegen der Schwierigkeit, diese zu erreichen, durch den Versuch noch nicht festgestellt. Wo man ihn am Halse erreichen kann, ist er sehr empfindlich gegen schmerzerregende Eindrücke, — was von Verbindungen mit den Cervikalnerven herrühren kann. — Reizung des durchgeschnittenen Nerven an seinem peripherischen Ende während des Lebens oder gleich nach dem Tode erzeugt starke Bewegungen der entsprechenden Zungenseite. Nach der Durchschneidung beider Nerven ist die Zunge unbeweglich, das Kauen unmöglich und die Thiere können daher nicht mehr fressen. Schon einseitige Lähmung erschwert das Kauen ungemein und kann Veranlassung zu ungenügender Ernährung und zum Tode geben.

Hingegen leiden weder Gefühl noch Geschmack nach Durchschneidung des Nerven auf beiden Seiten. — Wenn die Zungenspitze aus dem Munde herausfällt, so kann sie das Thier nicht mehr zurückziehen, es beisst mit den Zähnen darauf und äussert heftigen Schmerz. Ein Bissen bleibt auf der Zunge liegen, bis er zufällig an den Schlund kommt und geschluckt werden kann; das Thier ist nicht im Stande, ihn dahin zu bringen.

Wenn der n. hypoglossus einer Seite gelähmt ist und die Zunge aus dem Munde gestreckt wird, so wendet sie sich nicht nach der ge-

Digitized by Google

sunden, sondern nach der gelähmten Seite hin. Wenn sie hingegen ruhig im Munde liegt, so ist sie nach der gesunden Seite hin gerichtet. — Diese auffallende Erscheinung rührt nach Schiff davon her, dass der m. genioglossus der gesunden Seite die Spitze der Zunge nach der entgegengesetzten Seite zieht.

Nach demselben Beobachter sollen sich die Zungengefässe erweitern, wenn man gleichzeitig den n. hypoglossus und lingualis durchschneidet, nicht aber, wenn bloss der eine von beiden Nerven durchschnitten wird.

Über den Verbindungsast des n. hypoglossus mit dem obern Halsganglion war bei den Irisbewegungen die Rede.

V. Nervus sympathicus.

Der Erforschung der Functionen des n. sympathicus stellen sich vor Allem zwei grosse Schwierigkeiten entgegen, nämlich erstens sein Verlauf und zweitens seine aus verschiedenen Elementen bestehende Zusammensetzung.

Schwierigkeiten der Erforschung der Functionen des n. sympathicus.

571. Ad 1) Bei andern Nerven weiss man, wo ihr Anfang und wo ihr Ende ist. Jener ist der dickere Theil, welcher sich wie ein Stamm in seine Äste vertheilt. Der Stamm hängt mit dem Rückenmark oder Gehirn zusammen; die Folgen seiner Durchschneidung belehren über den Zweck der Verbindung. Der n. sympathicus hängt zwar auch mit Gehirn und Rückenmark zusammen, aber er kömmt nicht als Stamm an einer Stelle desselben zum Vorschein, sondern die Verbindung ist eine mittelbare, nämlich mit den aus Gehirn und Rückenmark ausgehenden Nerven, durch Brückenzweige, die rami communicantes, welche mit sämmtlichen Rückenmarks- und Gehirnnerven, mit Ausnahme des n. olfactorius, opticus und acusticus, zusammenkommen. [1]) Alle diese rami communicantes münden in den sog. Gränzstrang, den dünnen Nerven, welcher auf der Wirbelsäule liegt und von dem man also, dem oben erwähnten Zusammenhange nach, weder sagen kann, dass er von Oben nach Unten, noch dass er von Unten nach Oben verlaufe. Denn er ist unten am Steissbein und oben im Schädel sehr dünn. — Überall wo ein ramus communicans eines Rückenmarksnerven mit dem Gränzstrang sich vereint, ist ein ganglion und von da aus gehen nach Innen zu, d. h. in der Richtung gegen die Mittellinie des Körpers Zweige, welche sich netzartig verbreitend mit den Gefässen zu den Körpertheilen verlaufen. [2])

1) Vom n. trochlearis und accessorius ist der Zusammenhang mit dem n. sympathicus noch nicht sicher constatirt.

2) Über den Verlauf der Fasern in den n. communicantes vgl. Volkmann und Bidder, Selbstständ. des sympath. Nervensystems. Leipz.

Digitized by Google

572. Ad 2) Den n. sympathicus bilden theils Fasern, welche aus dem Rückenmarke und Gehirne kommen, theils solche, welche aus den Ganglien entspringen. Ob diese beiderlei Fasern in irgend einer organischen Verbindung stehen oder überall nur neben einander herlaufen, ist ebenso wenig bekannt, als ob dieselben bloss nach den peripherischen Theilen oder auch nach dem Rückenmark und Gehirn hinlaufen. Man ist bemüht gewesen, diese Frage durch mikroskopische Untersuchungen zu lösen, sich stützend auf die Waller'schen Beobachtungen, s. p. 381. Weil nämlich nach Durchschneidung eines Nerven dasjenige Ende fettig degenerirt, welches nicht mehr mit dem Centrum in Verbindung steht, so hat es den Anschein, dass man aus der fettigen Entartung auch wieder ermitteln kann, wo das Centrum ist. Dies ist für viele Fälle vollkommen richtig. Wenn man z. B. zwei Nervenstücke vor sich hat, welche den beiden Enden des vor etwa drei Wochen durchschnittenen n. tibialis angehören, so ist es ein Leichtes, zu bestimmen, welches der beiden das obere Ende ist, das noch mit dem Rückenmarke zusammenhing, und welches das untere. — Aber man darf doch aus einer solchen Beobachtung nichts weiter schliessen, als dass ein aus dem Rückenmarke kommender Nerve fettig entartet, wenn er vom Rückenmarke getrennt ist. Man kann aber natürlich nicht daraus schliessen, dass eine aus einer Ganglienkugel kommende Faser gleichfalls entartet, wenn sie nicht mehr mit derselben in Communication steht. Freilich hat Waller beobachtet, dass die hintere Wurzel nur dadurch sich im normalen Zustande erhält, dass sie mit dem Spinalganglion in Verbindung bleibt. — Daraus kann man wiederum noch nicht schliessen, dass alle Nerven, welche mit Ganglien verbunden sind, sich erhalten, so lange diese Verbindung besteht. Dies habe ich mit Bestimmtheit nachgewiesen. Wenn man nämlich den n. sympathicus am Halse unterhalb (hinter) des obern Halsganglion durchschneidet, so bleibt das obere (vordere) Ende mit dem obern, das untere mit dem mittleren und untern Halsganglion in Communication. Nichtsdestoweniger wird man sich überzeugen, dass nach Verlauf von etwa 14—20 Tagen das untere Ende vollkommen degenerirte, das obere ganz normale Nervenprimitivfasern enthält. — Ausserdem muss man gestehen, dass es zwar leicht ist, einen entarteten Nerven von einem gesunden zu unterscheiden, — aber ausserordentlich schwierig, zu behaupten, dass unter vielen Nervenfasern gar keine entarteten seien. — Küttner glaubte, aus seinen Durchschneidungsversuchen zum Schlusse berechtigt zu sein, dass der n. sympathicus ein ganz selbstständiger, von Gehirn und Rückenmark völlig unabhängiger Nerve sei, — eine Annahme, welche ebenso wenig anatomisch als physiologisch sich begründen lässt.

Digitized by Google

Schon seit langer Zeit ist es eine Streitfrage, ob der n. sympathicus ein Rückenmarks-, resp. Gehirn- (also Cerebrospinal-) Nerve sei, oder einem eigenen Systeme angehöre. Diese Frage löst sich vollständig in einer andern auf, in wie weit die peripherischen Ganglien als nervöse Centralorgane zu betrachten sind. Es kann heutigen Tages kein Zweifel mehr obwalten, dass die Ganglien Ursprungsstätten von Nervenfasern sind und wenn sie als solche Centralorgane heissen sollen, so lässt sich gewiss Nichts dagegen einwenden. — Ebenso bestimmt muss man annehmen, dass gewisse Functionen von diesen Ganglienkugeln ausgehen, aber es ist natürlich nicht damit gesagt, dass die Functionen dieselben sein müssen, welche alle andern Ganglienkugeln haben. Bei der Exactheit der Wissenschaft wäre eine solche Annahme von vornherein zurückzuweisen, bis sie strikt bewiesen ist. Auch die Analogie spricht gegen die Voraussetzung, dass alle Ganglienkugeln dieselbe Function haben. Oben wurde schon davon gesprochen, dass die Spinalganglien für die hintern Wurzeln eine ganz andere Bedeutung haben, als die Ganglien des Rückenmarks, mit denen dieselben Wurzeln communiciren. — Die Ganglienzellen verhalten sich wie andere Zellen; sie haben bei Aehnlichkeit in der Form grosse Verschiedenheit der Wirkung, s. p. 407.

Hält man sich an das, was streng erwiesen ist, ohne Theorien zu huldigen, so muss man behaupten, dass mit Ausnahme der Spinalganglien noch von keinem peripherischen Ganglion die Function nachgewiesen ist, dass wir vielmehr noch im vollständigen Dunkel hierüber schweben. — Vom gangliösen Nervensystem wissen wir heut zu Tage nicht mehr, als von der glandula thymus. Dies muss man strenge festhalten, wenn man nicht in ein unabsehbares Gewühl von Hypothesen sich hineinbegeben will. Ich behaupte nicht, dass der n. sympathicus nichts weiter, als ein Cerebrospinalnerve sei, da er ein zweites, anatomisch nachweisbares Element in sich trägt, die gangliösen Fasern; aber ich behaupte, dass man bis jetzt mit Sicherheit nur Kenntniss von einigen Partien des n. sympathicus hat, insofern er seine Fasern aus dem Rückenmark bezieht. — Ich war so glücklich, von zwei Abschnitten des n. sympathicus die in ihm liegenden Rückenmarksfasern mit Exaktheit zu verfolgen und dadurch diese Lehre wenigstens zum Theil in ein helleres Licht gesetzt zu haben. Diese Abtheilungen nenne ich n. sympathicus cervicalis und n. sympathicus lumbalis. Gewiss werden noch gar manche Erscheinungen von diesen Nerven aufgefunden werden, welche ihrem cerebrospinalen Ursprunge ihre Erklärung verdanken, sowie auch andere, welche von den in ihnen liegenden gangliösen Fasern abhängen; für jetzt aber sind die von mir aufgefundenen Thatsachen in diesem Gebiete die einzigen physiologi-

Digitized by Google

schen Anhaltspuncte. — Bevor indess zur Beschreibung der Functionen dieser beiden Nerven übergegangen werden kann, muss erst bewiesen werden, dass die Annahme einer sogenannten Selbstständigkeit des n. sympathicus und des peripherischen Gangliensystems, so sehr sie auch anatomisch begründet ist, physiologisch des Beweises ermangelt.

Ganglien-system.

573. Bichat behauptete, dass die automatische Bewegung des Herzens, der Gedärme u. s. w. durch das Gangliensystem unterhalten werde und unabhängig von dem Cerebrospinalsystem sei. Diese Bichat'sche Annahme ist bis auf die neueste Zeit von den meisten Physiologen festgehalten worden. Nun fragt es sich aber, 1) ob überall, wo automatische Bewegungen vorkommen, auch Ganglien vorhanden sind, 2) ob da, wo Nerven, die mit einem Ganglion in Verbindung stehen und zu einem Organe hingehen, auch die Bewegungen des Organs automatisch sind und 3) ob Wegnahme der Ganglien die automatische Bewegung aufhebt. — Wenn diese drei Bedingungen nicht zutreffen, so kann man nicht behaupten, dass bis jetzt der Beweis der Abhängigkeit der automatischen Bewegungen von den Ganglien geliefert ist. — Ad 1) Es ist nicht bekannt, dass die Lymphherzen von Amphibien Ganglien in sich oder in ihrer Nähe haben. Volkmann [1]) hatte beobachtet, dass durch Zerstörung des Rückenmarks in der Gegend des zweiten und dritten Wirbels die vordern Lymphherzen der Frösche zu schlagen aufhören, und ebenso nach Zerstörung des Rückenmarks in der Gegend des siebenten und achten Wirbels die hintern. Man kann sich in der That von der Richtigkeit dieser Angabe sehr leicht überzeugen, besonders an den hintern Lymphherzen, welche man sogleich neben dem Steissbein schlagen sieht, wenn man die Rückenhaut aufgeschlitzt hat. Zerstört man das Rückenmark an der angegebenen Stelle vollständig, oder durchschneidet auch nur den zehnten Nerven, welcher nach Panizza das hintere Lymphherz seiner Seite beherrscht, so steht dieses augenblicklich still. Volkmann glaubte, dass eine eigentliche Pulsation nach dieser Operation nicht mehr aufkomme, sondern nur noch ein flimmerndes Spiel der einzelnen Muskelbündelchen fortdauere, welches in einzelnen Fällen eine gewisse Ähnlichkeit mit Pulsationen habe und dass diese Bewegungen nur Convulsionen seien. — Hingegen haben vielfache Beobachtungen [2]) gelehrt, dass, nachdem das Herz vollkommen

1) Volkmann in Müller's Archiv. 1844. p. 419.

2) Vgl. Panizza und Valentin in Valentin's Lehrb. d. Phys. 2. Ausg. II, 2. p. 434, 478, 685. — Eckhard in Henle und Pfeufer's Zeitschr. VIII, 211. — Schiff, ebend. p. 259. — Volkmann in Verh. der sächs. Ges. III, 133. — Mayer u. Budge in Fror. Tagesb. 1850. Nr. 199.

Digitized by Google

still gestanden hatte, dasselbe wieder von Neuem zu schlagen beginnt. — So sahen z. B. Mayer und ich in gemeinschaftlich angestellten Versuchen, dass sogleich nach der Trennung die Herzen still standen. Vorher hatte das rechte 70, das linke 75 Mal in der Minute pulsirt. Sehr bald begann das linke, dann das rechte wieder von Neuem zu schlagen, jenes in der Minute 85, dieses 66 Mal; die Contractionen waren durchaus vollständig und regelmässig, das rechte Herz schlug 11 Minuten, das linke 18 Minuten, nachdem das Steissbein quer durchschnitten war. — Aus solchen Beobachtungen geht klar die Möglichkeit hervor, dass ein kanalförmiges Organ sich selbständig bewegen kann, ohne dass es Ganglien enthält (wenigstens sind bis jetzt noch keine darin entdeckt), und obgleich es von Cerebrospinalnerven versorgt wird. Man kann nicht sagen, dass die Ganglien im Rückenmarke die Centralorgane für die Lymphherzen seien, deren Bewegung durch sie angeregt wurde. Denn diese kommt wieder, ohne dass die Organe mit dem Rückenmarke mehr verbunden sind. Es muss also eine andere Ursache vorhanden sein, durch welche die automatische Bewegung veranlasst wird. — Wenn dies aber hier möglich ist, so kann es auch am Herzen, Darme u. s. w. der Fall sein. — Wenigstens ist es nicht nothwendig, und nicht logisch begründet, aus der Anwesenheit der Ganglien im Herzen zu schliessen, dass sie die Bewegung anregen. — Wenn man sieht, dass Durchschneidung des zehnten Nerven die Bewegung der Lymphherzen momentan, mitunter auch bleibend hemmt, so entnehmen wir daraus, dass das Rückenmark einen grossen Einfluss auf die Erhaltung, nicht aber auf die Quelle der Bewegung hat. Eine starke Reizung des untern Rückenmarks durch den inducirten Strom hebt momentan die Lymphherzbewegung ebenso gut auf, als die Reizung des verlängerten Marks die Bewegung des Blutherzens.

Ad 2) Sehr viele Organe, welche mit Ganglien versehen sind, zeigen allerdings automatische Bewegungen. Wenn jedoch Organe der Art existiren, welche ihrer Natur nach zu solchen Bewegungen geeignet sind, und dennoch sie nicht zeigen, so müssen wir auch hier wieder die Nothwendigkeit des Zusammenhangs derselben mit Ganglien in Abrede stellen. Man hat in der neuern Zeit in vielen muskulösen Ausbreitungen mikroskopische Ganglien entdeckt, im Herzen (s. p. 333), in den Bronchien, im uterus, in der Harnblase (Remak), in der submucosa des Darms (Meissner), bei Vögeln im ureter, ductus deferens, ductus choledochus, pancreaticus (Manz) [1]),

1) Vgl. Remak in Müll. Arch. 1844. p. 463. 1858. p. 189. — Bericht der Wiesbadener Versamml. 1852. p. 183. — Meissner in Henle und Pfeufer's Zeitschr. VIII, 364. — Billroth in Arch. f. Anat. 1858. p. 148. — Reichert,

Digitized by Google

in der Zunge (Remak). — Die Nerven der iris gehen durch das g. ciliare [1]); der pharynx wird vom plexus pharyngeus versorgt, der wieder Äste aus dem obern Halsganglion des n. sympathicus erhält; die meisten Gefässe erhalten Nerven, welche mit Ganglien communiciren u. s. w. — Aber nicht von allen diesen Theilen kennt man eine automatische Bewegung, so z. B. nicht von der Zunge, von den Bronchien, vom Schlunde. Die iris hat aber eine solche, wenn auch wenig in die Augen fallende; — eine deutliche das Herz, der uterus, die Gedärme u. s. w.

Ad 3) Wenn die Ganglien aus einem mit automatischer Bewegung versehenen Organe durch den Schnitt entfernt werden könnten, so wäre eine wichtige Beihülfe zur Erkenntniss dieser Organe geboten. Dies ist aber nicht zu bewerkstelligen. Ich glaubte eine Beobachtung gemacht zu haben, welche in der That den grossen Einfluss der Ganglien auf die Herzbewegung zu beweisen schien. Es ist nämlich der p. 335 e angegebene Versuch, den auch neulich v. Wittich mit demselben Resultate, ohne den meinigen gekannt zu haben, angestellt hat. Indess ist das Resultat zwar das ganz gewöhnliche, aber doch nicht immer constant. Das Herz schlägt noch weiter, trotzdem, dass man die ganglienreiche Stelle zerstört hat. Ganz dasselbe ist mit der Herzspitze der Fall. Obwohl in den meisten Fällen die abgeschnittene Herzspitze nicht mehr selbständig schlägt, so geschieht dies doch noch häufig genug, um behaupten zu dürfen, automatische Bewegungen sind möglich auch an ganglienlosen Theilen; denn bis jetzt hat man vergeblich in der Herzspitze nach Ganglien gesucht.

Nach dieser Darlegung müssen wir also annehmen, dass es im Körper Bewegungen gibt, von denen wir bis jetzt nicht wissen, durch welche Reize sie veranlasst werden. Ob die in ihnen befindlichen Ganglien sie anregen, ist mindestens unerwiesen, ja sogar noch nicht einmal wahrscheinlich, und darf also in einer exacten Wissenschaft nicht als Axiom gelten.

574. Man hat zweitens den Ganglien es zugeschrieben, dass die mit denselben versehenen Organe sich in bestimmter Gesetz- und Zweckmässigkeit zusammenziehen, dass sie nicht, wie die andern Muskeln, convulsivisch erzittern. Das Herz, es mag noch so langsam oder noch so rasch schlagen, contrahirt sich immer so, dass es einen ganz bestimmten Gang geht, durch welchen Blut ausgestossen

Einfluss der Ganglien auf die Gesetzmässigkeit der Bewegung.

---

ebend. 1859. p. 531. — Manz im Ber. der freiburger Ges. 1857. p. 68 u. 163. — Kollmann in Zeitschr. f. wiss. Zool. X. p. 413.

1) Mayer beobachtete auch Ganglien in der iris, s. Budge, Irisbew. p. 40.

wird; selbst an abgeschnittenen sich noch bewegenden Stückchen sieht man dies; es fangen mit seltnen Ausnahmen die Atrien an und die Ventrikel folgen nach. — Ich möchte aber für viel wahrscheinlicher halten, dass die Muskelfasern des Herzens durch ihren Bau nicht im Stande sind, sich so schnell zu contrahiren und wieder zu erschlaffen, wie die der Rumpfmuskeln bei der Zuckung; denn sonst würde man doch unter irgend einer Bedingung eine Convulsion am Herzen beobachten. Ferner möchte die Zweckmässigkeit in der Bewegung, in der Lagerung der Fasern viel eher ihre Begründung haben, als in dem Dasein der Ganglien. — Im Darme sieht man keineswegs die Bewegung immer nach Unten gegen den Mastdarm hin erfolgen (s. p. 214), wie es die Zweckmässigkeit erfordert, sondern, wo die geringsten Widerstände sich zeigen, dahin rückt die Bewegung weiter.

Unwillkührliche Bewegungen.

575. Die Bewegungen der mit Ganglien versehenen Organe können nicht vom Willen angeregt werden. Man hat daher auch als Beweis für die Selbständigkeit des Gangliennervensystems und die Unabhängigkeit desselben vom Cerebrospinalsystem diesen Umstand angeführt.[1]) Es scheint allerdings Manches dafür zu sprechen, dass die Ganglien die Einwirkung des Willens eliminiren. So will ich z. B. an das ganglion ciliare bei Vögeln erinnern, welches lediglich dem n. oculomotorius angehört. Alle übrigen von diesem Nerven versorgten Muskeln sind dem Willen unterworfen, nur die iris nicht; diese hat bei Vögeln quergestreifte Muskelfasern, ihre Nerven sind aber mit gangliösen Fasern vermischt.[2]) — Doch dem mag sein, wie ihm wolle. Wenn man aus diesen Thatsachen schliessen wollte, die Ganglien wären im Stande, den Einfluss des Willens zu eliminiren, so müsste man sich vorstellen, dass die Nervenfasern, durch welche die Willenserregung fortgeleitet würde, entweder die Ganglien erreichten, oder nicht erreichten. Im ersten Falle müsste man den Ganglien gewissermassen eine isolirende Wirkung zuschreiben, im letztern Falle wäre die willkührliche Bewegung ausgeschlossen, weil eben die Fasern, welche zu ihrer Ausführung nothwendig wären, fehlten. Beide Annahmen sind nicht durch objective Thatsachen zu begründen. Für die erstere scheint zu sprechen, dass andere psychische Einflüsse wohl auf die mit Ganglien versehenen Organe wirken, wie Vorstellungen, Gemüthsaffecte. Es findet also ein Connex zwischen Gehirn und ganglienhaltigen Organen Statt. — Hingegen kommt in Betracht, dass es unwillkührliche Bewegungen gibt, ohne dass die Organe, in

1) Budge, Bewegung der Iris. p. 192.
2) Ibid. p. 34.

Digitized by Google

denen sie vorgehen, Ganglien enthalten. So sind einmal die Reflexbewegungen dem Willen entgegen. Da die meisten von ihnen in Muskeln zu Stande kommen, welche gleichzeitig auch vom Willen beherrscht werden, so beweist dies mindestens, dass zur Elimination dieses psychischen Actes Ganglien nicht nothwendig erfordert werden. — In der Haut sind zahlreiche Muskelfasern, von denen man nicht weiss, dass sie von gangliösen Fasern versorgt werden. Sie contrahiren sich in Folge äusserer Reize, z. B. Kälte, Galvanisation, auch in Folge von Gemüthsaffecten, wie Schreck, sind aber willkührlich nicht zu bewegen.

Einfluss der Ganglien auf Ernährung und Absonderung.

576. Man hat ferner die Secretion und Ernährung gleichfalls vom Gangliennervensystem abhängig angesehen. Die oben angeführten Beobachtungen über den Einfluss des Nervensystems auf die genannten organischen Prozesse beweisen zum Mindesten sicher, dass das Cerebrospinalsystem dabei betheiligt ist, während vom Gangliensystem dies nicht mit gleicher Bestimmtheit behauptet werden kann.

Ganglien als Reflexorgane.

577. Ob durch die peripherischen Ganglien eine Reflexbewegung zu Stande kommen kann, ist keineswegs eine ausgemachte Sache, obwohl es vielfach behauptet worden ist. — So hat Bidder im Herzen zwei verschiedene Nervencentra angenommen, von denen das eine, welches die automatische Herzbewegung veranlassen soll, in den Ganglienkörpern der Vorhöfe, das andere, welches die reflectirten Herzbewegungen vermitteln soll, an der Gränze zwischen Vorhöfen und Ventrikel seinen Sitz haben soll. Man hat zum Beweise für Bidder's Theorie angeführt, dass nach Durchschneidung der Querfurche zwischen Atrien und Ventrikel der letztere nicht mehr fortschlage, wohl aber noch die Atrien. Die Beobachtung ist jedoch (s. p. 334) nicht richtig. Nur das eine kann man behaupten, dass der Ventrikel nicht so lange fortschlägt, als das atrium, und je näher der abgeschnittene Theil der Spitze und je entfernter er der Querfurche liegt, desto kürzere Zeit pulsirt er automatisch, desto ungewisser ist es überhaupt, ob er noch weiter schlägt. Dies hängt wahrscheinlich mit der Nervenverbreitung zusammen. Je reicher der Theil noch mit Nerven versehen ist, desto sicherer ist seine automatische Bewegung. Hieraus geht dasselbe hervor, was oben (Herzbewegung p. 778) erörtert worden ist, dass die Muskelbewegung des Herzens wahrscheinlich von der (noch nicht aufgeklärten) Erregung der Nerven herrührt. Dass der Ventrikel nicht so lange schlägt, als die Atrien, kann möglicher Weise mit der Dünnwandigkeit derselben, mit der Blutfülle, zusammenhängen, aber auch von den Nerven herrühren. Letzteres aber ohne Weiteres zu behaupten, ist nicht gestattet.

Digitized by Google

Man hat ferner den oben p. 334 d erwähnten Versuch von Stannius zum Beweise der Bidder'schen Theorie beigebracht. Wenn man nämlich um den obern Anfang der Atrien einen Faden legt, so steht der darunter liegende Theil des Herzens still; schnürt man dann einen zweiten Faden um die Querfurche zwischen Atrien und Ventrikel, so fängt das Herz wieder zu schlagen an. Heidenhain erklärt die Erscheinung durch Reizung des n. vagus, wogegen v. Bezold wieder Einwendungen macht. — Nach meiner Meinung rührt der Stillstand nach Unterbindung am sinus von der Blutüberfüllung her, durch welche der Vorhof mächtig ausgedehnt wird; in Folge der Ausdehnung mindert sich die Reizbarkeit und es erfolgt der Stillstand, wie auch andere Muskeln momentan ihre Contractionsfähigkeit einbüssen, wenn sie sehr stark gedehnt werden. Sticht man in den vollen Vorhof ein, so entleert sich ein Theil des Bluts und das Herz fängt wieder zu schlagen an. — Man kann auch dadurch oft, wenn auch nicht in allen Fällen auf einige Zeit Bewegung hervorbringen, dass man durch eine zweite Ligatur in der Querfurche und dadurch einen starken Reiz auf die Herznerven anbringt. —

Ganglion ciliare.

578. Dass das ganglion ciliare keine Reflexthätigkeit auf die iris-Nerven ausübe, wie man früher ziemlich allgemein annahm und wie man noch heut zu Tage in praktisch medizinischen Büchern liest, habe ich durch meine Beobachtungen über die iris hinlänglich nachgewiesen.

Ueber den Einfluss, welchen Reizung der Darmschleimhaut auf Darmbewegung hat, ist oben die Rede gewesen, p. 781.

n. sympathicus cervicalis.

579. N. sympathicus cervicalis. Er läuft zu seinem grössten Theile, vielleicht nur mit Ausnahme der Fasern im r. cardiacus superficialis, vom obersten Theile der Brust aus gegen Hals und Kopf hinauf. Von seinen Zweigen, die er auf diesem Wege abgibt, sind bis jetzt die zu der iris und die zu den Gefässen hingehenden genau physiologisch ermittelt. — Diesen seinen Functionen nach ist der n. sympathicus cervicalis ganz Rückenmarksnerv und die in ihm liegenden Ganglien enthalten nicht die Quelle der motorischen Thätigkeit. Die gangliösen Fasern, welche in dem Nerven liegen, sind nicht die motorischen Fasern für die genannten Organe, überhaupt ist ihre Function noch gänzlich unbekannt. Wir haben mithin in diesem n. sympathicus cervicalis zwei verschiedene Reihen von Fasern. Die motorischen Rückenmarksfasern sind die Bewegungsfasern für den musculus dilatator pupillae, sowie für die Muskelfasern der Gefässe, und wahrscheinlich noch andere Muskeln. Die gangliösen Fasern entspringen aus den Ganglien. Auf die motorischen Fasern bezieht sich das Folgende:

Digitized by Google

a. Wirkung auf die iris. Hiervon ist oben bei den Bewegungen der iris p. 767 gehandelt.

b. Auf die Gefässe.[1]) Durchschneidung des Halssympathicus vermehrt die Wärme des Gesichts beträchtlich (Bernard). Dieselbe Folge hat die Exstirpation des untersten Hals- und obersten Brustmarks (Budge). Reizung des genannten Nerven bewirkt Gefässcontraction, vermindert die Wärme und hebt die entstandene Vermehrung derselben wieder auf (Bernard, Waller), vgl. p. 289.

c. Auf das Auge. Reizung des Halstheiles drängt bei den Thieren (nicht bei Menschen), den bulbus um einige Millimeter hervor (Bernard, R. Wagner); nach Durchschneidung desselben tritt er zurück (Petit). Die Durchschneidung bewirkt ferner nach Bernard Verengerung der Augenlidspalte, Vortreten der Nickhaut, Verengerung des Nasenloches und Mundes; die Reizung erzeugt die gegentheiligen Bewegungen. H. Müller beobachtete Bewegung der Ohrmuschel bei Katzen durch Galvanisiren des Halssympathicus.[2])

Der Stamm des n. sympathicus cervicalis ist, wie es scheint, vollständig gefühllos. Hingegen habe ich, wie frühere Beobachter, mich wiederholt überzeugt, dass das ganglion cervicale supremum und infimum gegen schmerzerregende Eindrücke deutlich reagiren.

2) N. sympathicus in der Brust. Nach J. Müller bringt chemische Reizung des n. splanchnicus Darmbewegung hervor; starke galvanische Reizung vermindert die peristaltische Bewegung (Pflüger) s. p. 783. Nach Reizung des ganglion thoracicum supremum sah man die Herzbewegung sich vermehren.

3) N. sympathicus lumbaris. Reizung desselben vom fünften Lendenwirbel an erzeugt bei Kaninchen Bewegung der Geschlechtstheile, der Blase, des Mastdarms (Budge), s. p. 786.

VI. Beziehung der einzelnen Körpernerven zu den Nervenactionen der Theile.

580. Das **Gefühl** hängt ab: —

auf der Stirn, von Innen nach Aussen gerechnet, vom n. supratrochlearis, frontalis und supraorbitalis (Zweigen vom ersten Aste

---

1) Ausser den p. 289 citirten und den hier unter 2) citirten Schriften sind noch nachzusehen: Bernard in C. r. 1853. T. 36, 414 u. 632. — Leçons sur la phys. du syst. nerv. II, 469. — Nach Schiff verlaufen keineswegs alle Gefässnerven im n. sympathicus.

2) Vgl. R. Wagner in Göttinger Nachr. 1853. p. 71. — Zeitschr. f. rat. Med. 3. Reihe. IV, 383. — H. Müller, Würzb. Verh. IX, 244. X, p. XLIX. XII, 61. — Brown-Séquard in Compt. r. 1854. T. XXXVIII, 75. — Remak, Deutsche Klin. 1855. Nr. 97, p. 294.

Digitized by Google

des trigeminus), ganz nach Aussen und in der Schläfengegend vom n. temporalis superficialis (vom dritten) und vom n. malaris (vom zweiten Aste des trigeminus); auf dem behaarten Kopftheile vorn: von dem n. frontalis und supraorbitalis, von dem temporalis superficialis; in der Mitte und hinten: von dem n. occipitalis major aus dem n. cervicalis secundus und occipitalis minor aus dem plexus cervicalis; unter dem Auge nach Aussen vom n. subcutaneus malae (vom zweiten Aste des n. trigeminus), nach Innen sowie nach Unten bis zur Mundgegend von den Zweigen des n. infraorbitalis (vom zweiten Aste des trigeminus) und an der Nasenwurzel vom supra- und infratrochlearis des ersten Astes; vor dem Ohre vom n. temporalis superficialis (n. trigem.), vom auricularis magnus aus dem plexus cervicalis; am Kinne vom n. mentalis vom dritten Aste des trigeminus; nach Aussen vom Kinne bis gegen den Hals vom n. cervicalis superficialis (vom plexus cervicalis); hinter dem Ohre vom n. occipitalis minor und auricularis posterior (aus dem plexus cervicalis); an dem oberen Augenlide vom n. supraorbitalis, supra- und infratrochlearis (vom ersten Aste des trigeminus); am unteren Augenlide vom n. infraorbitalis (des zweiten Astes des trigeminus); am äusseren Augenwinkel vom n. lacrymalis (des ersten Astes des trigeminus); an der conjunctiva von demselben und dem infratrochlearis; an der Thränendrüse vom lacrymalis; an dem Thränensacke vom n. infratrochlearis; an der cornea, tensor chorioideae, iris von den n. ciliares aus dem ganglion ciliare (stammend von der radix longa n. nasociliaris und den ciliares longi ebendesselben Nerven); am äusseren Ohre von dem n. temporalis superficialis (des dritten Astes des n. trigeminus) und dem auricularis magnus (des plexus cervicalis); im äusseren Gehörgange von dem n. temporalis superficialis und auricularis des n. vagus; in der Paukenhöhle und tuba Eustachii von dem n. tympanicus des glossopharyngeus; an der äusseren Nase vom infraorbitalis (des zweiten) und dem infratrochlearis und ethmoidalis (des ersten Astes des n. trigeminus); in der Nasenhöhle vom n. ethmoidalis, infraorbitalis, — nasales posteriores und nasopalatinus Scarpae (aus dem ganglion sphoenopalatinum); in den sinus frontales vom infra- und supratrochlearis; in den sinus maxillares von den n. dentales superiores (des zweiten Astes vom trigeminus); in den sinus sphoenoidales von dem ganglion sphoenopalatinum; in der Zunge vom lingualis (des dritten Astes n. trigemini); in den oberen Zähnen vom n. alveolaris posterior und dentalis superior (des infraorbitalis aus dem zweiten Aste des n. trigeminus); in dem oberen Zahnfleische von denselben Nerven und dem nasopalatinus; in den unteren Zähnen und dem Zahnfleische vom n. mandibula-

Digitized by Google

ris des dritten Astes n. trigemini; im Gaumen und den Mandeln von den n. palatini des zweiten Astes n. trigemini, dem n. lingualis trigemini und dem palatinus des glossopharyngeus; in den Unterkiefer- und Unterzungenspeicheldrüsen vom ganglion maxillare; in der parotis vom n. temporalis superficialis (des dritten Astes nervi trigemini); im Halse und Nacken vom plexus cervicalis; an dem oberen Theile des thorax und den Brüsten ebendaher; in dem übrigen Rumpf und den Extremitäten von den Rücken-, Lenden- und Kreuzbeinnerven; in dem Kehlkopfe, der Luftröhre, den Lungen, dem Herzen, dem Magen, der Leber hauptsächlich vom n. vagus; in den Gedärmen, Milz, Harnwerkzeugen und Geschlechtstheilen von den verschiedenen Plexus des Gangliensystems des Unterleibs, vielleicht noch vom n. vagus.

581. Die **Bewegung** in

den Kaumuskeln hängt ab vom dritten Aste des n. trigeminus; den mm. frontalis, corrugator, occipitalis vom n. facialis; den äusseren Ohrmuskeln vom n. facialis, vagus und plexus cervicalis; den inneren Ohrmuskeln vom ganglion oticum und dem dritten Aste des n. trigeminus; der iris vom n. oculomotorius und dem Halstheile des n. sympathicus und vom ersten Aste des n. trigeminus; dem m. orbicularis palpebrarum vom facialis; dem m. levator palp. sup., rectus sup., intern., inf. und obliquus inf. vom oculomotorius; im m. rectus externus vom abducens; im obliquus superior vom trochlearis; in den Nasen-, kleinen Wangen- und Mundmuskeln vom n. facialis; im buccinatorius vom facialis (und dem dritten Aste des trigeminus?); in den Zungenmuskeln vom hypoglossus; im geniohyoideus von demselben; in dem mylohyoideus vom dritten Aste des trigeminus; im digastricus von dem facialis und dritten Aste des trigeminus; im stylohyoideus vom facialis; in den Gaumenmuskeln vom facialis (r. petrosus superficialis) glossopharyngeus und vagus; in dem m. sternohyoideus und sternothyreoideus vom r. descendens hypoglossi und pl. cervicalis; in dem m. thyreohyoideus vom n. vagus; im omohyoideus vom r. descendens hypoglossi und pl. brachialis; im Zwerchfell vom n. phrenicus und pl. coeliacus; im sternocleidomastoideus und cucullaris vom n. accessorius und dem pl. cervicalis; im pharynx vom n. vagus cum accessorio, glossopharyngeus und sympathicus; im oesophagus, im Magen, in den dünnen Gedärmen vom n. vagus und sympathicus. In den übrigen Körpertheilen sind die motorischen und sensiblen Fasern in denselben Nerven vereinigt, so dass also die Bewegung von denselben Nerven abhängt, wie das Gefühl.

Digitized by Google

582. Die **Empfindung** hängt ab
im Auge vom n. opticus, im Ohre vom n. acusticus, in der Nase vom n. olfactorius, in der Zunge vom n. glossopharyngeus und n. lingualis trigemini.

III. Sinnesempfindungen.

A. Sehen.

Erfordernisse.

583. Zum deutlichen Sehen sind folgende Erfordernisse nothwendig: 1) auf der Netzhaut des Auges muss ein scharfes Bild des Objectes stehen, welches gesehen werden soll; 2) der dadurch gemachte Eindruck muss empfunden werden; 3) der Augapfel muss sich nach allen Richtungen bewegen können; 4) durch gewisse Seelenactionen treten zur Empfindung Wahrnehmungen und Vorstellungen hinzu.

Beweis.

584. 1) Wenn man ein Object dem Auge zu nahe oder zu weit davon entfernt hält, so verwischt sich bekanntlich dasselbe und wird sehr unklar. Wie aus dem Folgenden hervorgeht, ist aber in diesen Fällen das Bild an der Stelle, an welcher die retina sich befindet, noch nicht vollständig construirt; vielmehr wird es erst an einer Stelle vollständig sein, welche sich hinter oder vor der retina befindet. Die vollständige Construction des Bildes besteht darin, dass jeder Punct des Objectes wiederum als Punct im Bilde wiedergegeben wird, und dass nicht statt eines Punctes viele vorhanden sind, wodurch eine Verwirrung entstehen würde. — Dies wird durch gewisse optische Einrichtungen erreicht, mit denen das Auge versehen ist.

585. 2) Wenn die Sehnerven an irgend einer Stelle ihres Verlaufes bis zu ihrem Ursprunge gedrückt, zerschnitten, desorganisirt sind, so entsteht immer Blindheit. — Die retina ist die Empfindungsfläche, die zum Sehen zunächst bestimmt ist.

586. 3) Wie die tastenden Finger über eine Stelle hin- und herfahren, deren Eigenschaften sie durch das Tasten zu erkennen suchen, bald nach der einen, bald nach der andern Richtung hin, so wird das Auge und resp. seine retina an den Puncten der einzelnen Objecte vorübergeführt, um sie gleichfalls Stelle für Stelle zu prüfen.

587. 4) Nachdem ein deutliches Bild auf der retina entstanden, nachdem sodann das entsprechende Empfindungsmaterial in Thätigkeit gesetzt worden ist, bilden sich durch Mitwirken der Seele Vorstellungen über die Form, Gestalt, Ausdehnung und Färbung der

Digitized by Google

Objecte, welche somit in den Bereich des Gedächtnisses und der Erfahrung gelangen und zum Urtheil und Vergleich Veranlassung geben. Man kann einen Gegenstand anstieren, ohne ihn zu sehen, empfinden, ohne zu erkennen.

1) Optische Einrichtungen.

588. Die optischen Einrichtungen des Auges bezwecken, dass von einem zu sehenden Gegenstande ein deutliches Bild auf der retina entworfen werde. Dies geschieht auf gleiche Weise, als wie durch eine biconvexe Glaslinse das Bild eines Gegenstandes auf der Wand sich zeigt. Hält man z. B. eine biconvexe Glaslinse in einer gewissen Entfernung von einer weissen Wand, welche einem Fenster gegenüber ist, so erblickt man ein kleines Bildchen, in welchem die Gegenstände scharf und deutlich, aber umgekehrt und verkleinert zu sehen sind. — Am Anschaulichsten wird dies durch die camera obscura. Es ist dies ein an seiner Innenwand geschwärzter, viereckiger Kasten, dessen hintere Wand aus einer matten Glastafel besteht. In der Mitte der vordern Wand ist eine ausziehbare Röhre eingesetzt, in welcher eine oder mehre biconvexe Glaslinsen sich befinden. Das Bild, welches von entfernten, erleuchteten Gegenständen auf der beschatteten Glastafel sich zeigt, ist nicht für jede Entfernung gleich deutlich. Um nähere Gegenstände scharf abzubilden, muss man die Röhre mit den Linsen hervorziehen, sodass also die Linsen von der Glastafel weiter entfernt werden; um entfernte Gegenstände scharf abzubilden, muss hingegen die Röhre etwas nach Hinten geschoben, und die Linsen der Glastafel genähert werden.

So auch erscheinen auf der retina die Bilder der Objecte umgekehrt und verkleinert: das, was an diesen rechts steht, ist auf jener links; was oben ist an diesen, steht auf jener unten.

Beobachtung des Bildchens auf der retina.

589. Wird von einem rein präparirten frischen Thierauge ein Stückchen der sclerotica und der chorioidea an der äussern Seite des Sehnerven ohne Verletzung der retina entfernt, so sieht man Objecte, wie z. B. einen Schlüssel, eine Flamme u. s. w., wenn sie in passender Entfernung vom Auge gehalten werden, umgekehrt und verkleinert abgebildet auf der frei gelegten Retinafläche.

590. An den pigmentlosen Augen weisser Kaninchen überzeugt man sich von dem gleichen Phänomen, ohne dass man die sclerotica entfernt hat.

591. Künstlich dem Auge nachgebildete Apparate, bei welchen eine durchscheinende Wand die Stelle der retina vertritt, können zu demselben Versuche angewandt werden (Gerber). Auch am lebenden Menschen kann man das Bild erkennen und zwar nach

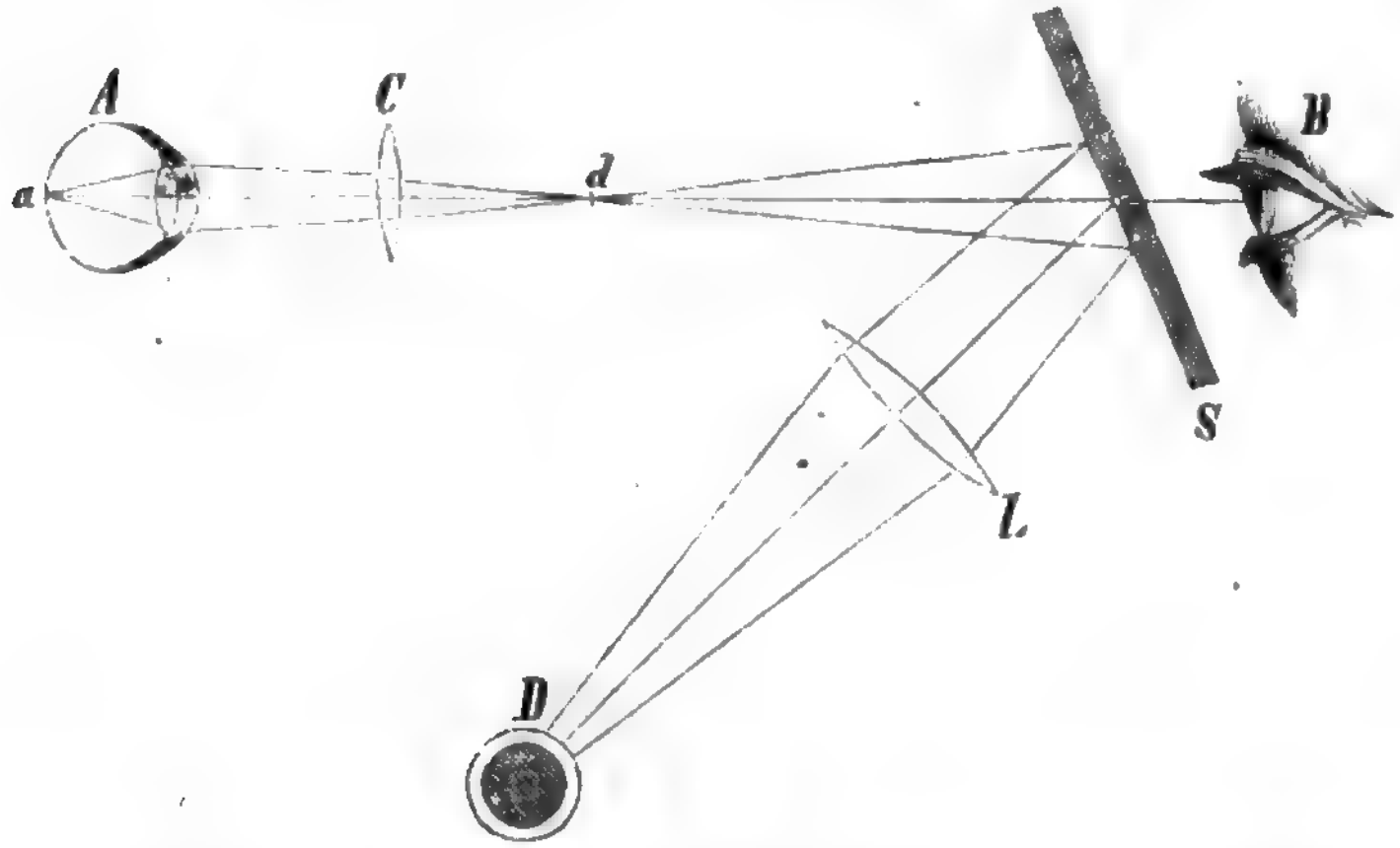
Digitized by Google

Volkmann [1]) dadurch, dass man bei Menschen mit stark vorspringenden Augen und dünner sclerotica die Augen stark nach Aussen wenden lässt. Wird dann unter einem Winkel von 80 — 85° eine Flamme nach Aussen angebracht, so sieht man am innern Augenwinkel das umgekehrte Bildchen durch die sclerotica.

Augenspiegel.

592. Auch der von Helmholtz erfundene Augenspiegel gewährt ein Mittel, das Netzhautbild, und zwar bei lebenden Menschen, zu erkennen. Ein Theil des Lichtes, welches die retina trifft, wird wieder reflectirt. Man sollte daher denken, dass man den Grund der retina sehen müsste, wenn man in die Pupille eines Andern hineinblickt. Dies ist jedoch nicht der Fall; wir sehen das Innere des Auges vollständig dunkel. Das Spiegelbild der retina aber wird deshalb nicht ohne Weiteres gesehen, weil es nach der Lichtquelle zurückgeht, nicht aber nach der Pupille des Beobachters. Grade so, wie von einem zu sehenden Objecte ein Bild auf der retina erscheint, so wird ein Spiegelbild der retina auf dem beleuchteten Objecte erscheinen. Soll nun aber das Spiegelbild der retina das Auge des Beobachters treffen und in dessen Pupille eindringen, so muss die retina des zu Beobachtenden beleuchtet werden. Dies geschieht durch einen Spiegel *S S*, welcher in der Mitte

Figur 204.



unverquickt ist, damit das Auge des Beobachters *B* hindurchblicken kann. Die Lampenflamme *D* sendet ihre Strahlen zuerst auf die Sammellinse *L*, von welcher aus ein Bild der Flamme auf dem Spiegel *S S* erscheint. Die Strahlen des Spiegelbildes der retina werden durch

1) Volkmann in Wagner's Handwörterbuch. III, a. p. 286.

Digitized by Google

die vor das zu beobachtende Auge *A* gestellte Linse *C* gesammelt, und es erscheint in *d* das Bild, welches, weil es beleuchtet ist, von dem durch die unverquickte Stelle von *S S* schauenden Auge *B* gesehen wird. [1])

593. Von den Beobachtungen, welche mit dem Augenspiegel an normalen Augen anzustellen sind, erwähnt Helmholtz (p. 187) folgende. Der Grund des Auges erscheint bei starker Beleuchtung roth, nur die Eintrittsstelle des Sehnerven zeichnet sich hellweiss ab. Man sieht auf dem rothen Grunde zunächst die Netzhautgefässe verlaufen, deren Stämme aus der Mitte der Eintrittsstelle des Sehnerven hervortreten. Die Arterien sind durch ihre lichtere rothe Farbe, und durch einen stärkern Lichtreflex an ihrer Oberfläche zu erkennen. Zwischen den Netzhautgefässen erscheint der Grund des Auges, je nach der Menge des Pigments, bald hellroth, bald braun, und man erkennt, namentlich an den mehr zur Seite gelegenen Theilen, sehr häufig die Gefässe der Aderhaut.

Entstehung des Bildes.

594. Die Entstehung eines deutlichen, aber umgekehrten und verkleinerten Bildes auf der retina wird dadurch möglich, dass von allen den Puncten, aus welchen die zu sehende Fläche besteht, ebenso viele Puncte auf dem Bilde sich wiederholen, die verkleinert sind, und umgekehrt stehen, und in derselben relativen Ordnung gegen einander liegen, wie im Objecte. Da nun aber von jedem Puncte eines beleuchteten oder leuchtenden Objectes zahllose Strahlen ausgehen, so bleibt zweierlei zu untersuchen: A) wie die vielen von einem Puncte kommenden Strahlen in einen, den sogenannten Richtungsstrahl, sich vereinigen, und B) welchen Verlauf die Richtungsstrahlen nehmen, um vom Objectpuncte den Bildpunct darzustellen.

A. Vereinigung der Strahlen.

595. Die Vereinigung der vielen Strahlen zu einem wird dadurch begründet, dass im Auge drei Körper sich befinden, welche wie Sammellinsen wirken, nämlich die Hornhaut nebst dem humor aqueus, die Linse und der Glaskörper.

1) Mittel. a) cornea.

596. Die Hornhaut, cornea, enthält drei durchsichtige Membranen, von denen die vordere ohne besondere Structur mit schützenden Epithelialplättchen bedeckt ist; die mittlere, oder eigentliche cornea, aus vielen übereinander liegenden Schichten besteht; die hintere, membrana Descemetii s. Demoursii, ist gleichfalls structurlos, und mit Epithel belegt. Die Demours'sche Haut wendet sich nach hinten bis zur vordern Fläche der iris. Dieser auf die iris übergreifende Theil heisst ligamentum iridis pectinatum und besteht aus zarten feinen elastischen Fasern, welche sich zum Theil bis zum Ciliarkör-

1) Über die Theorie des Augenleuchtens, des Augenspiegels und der verschiedenen Arten von Augenspiegel vgl. Helmholtz, Physiol. Optik. p. 164—191.

Digitized by Google

per und dem canalis Schlemmii verbreiten. Die eigentliche cornea hat ein blättriges Gefüge; die unregelmässig auf einander liegenden und sich unter einander kreuzenden Blätter lassen sich auch noch in Fasern zerspalten. In dieser faserigen Masse sind die cornea-Zellen oder cornea-Körperchen eingebettet. Wenn man in die cornea-Substanz (am Besten beim Ochsenauge) einen kleinen Einschnitt macht und in diesen Quecksilber injicirt, so verzweigt sich dasselbe nach allen Seiten; dadurch entsteht das Ansehen, als ob Lücken oder Canäle in der Corneasubstanz enthalten seien, welche nach Bowman cornealtubes genannt werden. — Macerirt man die cornea in roher Salzsäure, oder kocht sie 30 — 40 Stunden in destillirtem Wasser (Virchow), oder kocht man sie mit verdünntem liquor Kali caustici, bis sie weich und geléeartig geworden ist, wäscht sie dann aus und fügt etwas verdünnte Chromsäure hinzu, wodurch sie gelb wird (Budge), oder, was am Besten ist, macht man einen feinen Schnitt von einer getrockneten cornea, so erkennt man unter dem Mikroskope die spindel- oder sternförmigen cornea-Zellen oder Hornhautkörperchen (Toynbee, Virchow), welche Ähnlichkeit mit Knochenkörperchen haben, indem von ihnen gleichfalls Ausläufer ausgehen und dadurch eine Art Netzwerk in der cornea sich bildet. — Durch die verschiedenartigen Lücken in der cornea kann dieselbe stets mit Flüssigkeit aus der Nachbarschaft sich tränken. Da die Ausläufer der Hornhautzellen sich roth färben, wenn man die cornea in Carmin legt (Gerlach), so ist es wahrscheinlich, dass dieselben hohl sind und ein Canalsystem darstellen, in welchem der Cirkulation der Tränkungsflüssigkeit eine regelmässige Bahn dargeboten ist. — Das Gewebe der cornea gehört zu den leimgebenden, gekocht wird sie in Chondrin verwandelt, wie die ächten Knorpel. Wie diese bleibt sie durchsichtig, wenn sie feucht erhalten wird. Wie nun aus ihr Flüssigkeit ausgedrückt werden kann, so ist ihre äussere Fläche stets mit Thränen bespült. — Wenn die Gefässe des bulbus mit feiner Masse injicirt werden und die Injection noch so gut gelingt, so füllen sich doch nur Gefässe am Rande der cornea, ohne dass bis zur Mitte derselben solche verfolgt werden können. Es ist nun möglich, dass die Gefässe so fein werden, dass weder die Injectionsmasse, noch auch Blutkörperchen eindringen können, und dass dieselben schliesslich mit den Ausläufern der Hornhautkörperchen communiciren. Jedoch lässt sich dieses keineswegs nachweisen. [1])

1) Aus der reichen Literatur über die cornea erwähnen wir: Coccius, Ernährungsweise der Hornhaut. Leipzig 1852. — W. His, Beiträge zur normalen und pathol. Histol. der cornea. Basel 1856. — Dornblüth, Zeitschrift für rat. Med. 1856. VIII, 156. — Löwig in Reichert's Studien d. phys. Inst. zu Breslau. 1858. p. 118. — Führer in Arch. für phys. Heilk. 1858. p. 161.

Digitized by Google

597. Durch die an der äussern Orbitalseite gelegenen Thränendrüsen wird die Thränenflüssigkeit (98,7—99 Wasser, 0,14—0,32 Epithelien, 0,08—0,10 Eiweiss [Natronalbuminat], 0,72—0,88 Schleim, Fett, Kochsalz, Erdphosphate, phosphorsaure Alkalien; — die Asche betrug 0,42—0,55%) (Frerichs)[1]) abgesondert, fliesst aus feinen Gängen an die vordere Fläche des Augapfels und wird von da durch den Augenliderschlag in den innern Augenwinkel geführt. Der m. orbicularis palpebrarum trägt wesentlich dazu bei, die Thränen in die Thränengänge zu befördern. Nach Arlt[2]) findet sich daher Thränenfluss bei Lähmung des m. orbicularis, wenn die Thränenorgane ganz normal sind. Bei der Zusammenziehung dieses Muskels wenden sich zugleich die Lider (besonders das untere) nach Innen zu gegen das ligam. palpebrale internum, welches den festen Punct des Mukels ausmacht, dieses wird aus der Thränengrube hervorgezogen und dadurch auch die Vorderfläche des Thränensacks, wobei sich dessen Höhle öffnet und die Thränen aufnimmt. Durch mehre Vorrichtungen gelangen die Thränen in die Nase. Wahrscheinlich entleert der Thränenmuskel den Thränensack. Ebenso werden beim Einathmen durch den negativen Druck die Thränen aufgesogen. Nach Hasner ist an der Mündung des Thränenganges in der Nasenhöhle eine aus der Schleimhaut gebildete Falte oder Klappe, welche von Oben und Innen nach Unten und Aussen gerichtet ist und verhütet, dass beim Ausathmen Luft und beim Schneuzen und Niesen Feuchtigkeit in den Thränencanal zurückgeführt wird, während andererseits beim Einathmen die Thränen in den Nasencanal angesogen werden. Die Schleimhautfalte ist jedoch nicht immer ausgebildet. Endlich mag auch die Flimmerbewegung im Thränengang zur Beförderung der Thränen nützen. Thränen.

598. Die Meibom'schen Drüsen sondern ein öliges Secret ab, durch welches das Überfliessen der Thränen über das untere Augenlid verhütet wird. Meibom'sche Drüsen.

599. Die biconvexe Krystalllinse ist ein aus vielen über einander liegenden Schichten bestehender Körper, welcher nach Innen zu immer dichter wird. Im Mittelpuncte ist der Linsenkern. Die anatomischen Elemente sind sehr zarte, durchsichtige Fasern oder Röhren, welche im Centrum radial von einem Körnerhaufen aus verlaufen (s. p. 419). Ihrer chemischen Beschaffenheit nach besteht die Linse wesentlich aus Globulin. Man untersucht am Besten zuerst die Linse eines neugebornen oder auch eines jungen Thieres, z. B. eines Kalbes. Hat man eine solche einige Tage in Chloroform gelegt, so zeigt sich an der vordern Fläche ein dreieckiger Spalt, an dem man leicht er- b) Linse.

1) Frerichs in Wagner's Handwörterbuch. III a, p. 617.

2) Arlt in Gräfe's Arch. f. Ophth. 1855. I, 2, p. 136. — Vgl. auch Henke, ebend. IV, 2, p. 70. — Henle, Anat. Muskell. p. 140.

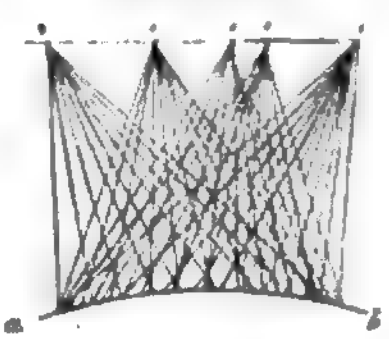
Digitized by Google

kennt, dass hier drei keilförmige Stücke an einander stossen. An der Vorderfläche sind die drei Keile so gestellt, dass zwei Schenkel des von ihnen gebildeten Dreiecks nach Unten, einer nach Oben steht, an der Hinterfläche verhält es sich grade umgekehrt.

c) Glaskörper.

600. Der Glaskörper scheint nach den meisten Untersuchungen, welche in der neuern Zeit darüber angestellt worden sind, einem mit vieler Flüssigkeit getränkten Bindegewebe nahe zu stehen. Nur im Embryonalzustande zeigt sich nämlich ein eigentliches Gerüste, während später ein formloses, schleimartiges Intercellulargebilde das Wesentliche ist. Wird der Glaskörper durch essigsaures Blei oder Chromsäure erhärtet, so zeigt er lauter Sectoren, welche mit ihren schmalen Enden gegen die Mitte, den canalis hyaloideus, gerichtet sind. [1]) — In der Flüssigkeit des Glaskörpers wurde von Wöhler, Millon u. A. Harnstoff gefunden.

Figur 205.



Hergang.

601. Von jedem Puncte 1, 1, 1, 1, 1, eines beleuchteten oder leuchtenden Objectes gehen nach allen Richtungen Strahlen aus. Die cornea *ab* wird von Strahlenkegeln getroffen, deren jeder die cornea zur Basis hat und dessen Spitze in dem betreffenden Punkte liegt.

602. Indem die Strahlen aus der Luft in die cornea einfallen, also aus einem dünnern in ein dichteres Medium, so werden dieselben nach einem bekannten Gesetze von ihrer geraden Richtung abgelenkt (gebrochen), und zwar so, dass der gebrochene Strahl dem Einfallslothe sich zuneigt. In Fig. 206 sei *h h* die erste brechende Fläche im Auge die cornea, *C* der Mittelpunct der Kugelfläche der cornea [2]), *a* ein leuchtender Punct, *ab* und *ab'* zwei auf die cornea fallende Strahlen, *dc* und *d' e'* die beiden Einfallslothe (= Radien). Einfallsloth ist nämlich die im Einfallspuncte *b* errichtete Normale. d. h. die senkrecht stehende Linie, welche auf die Trennungsfläche der beiden Medien an der Stelle des einfallenden Strahles gezogen

---

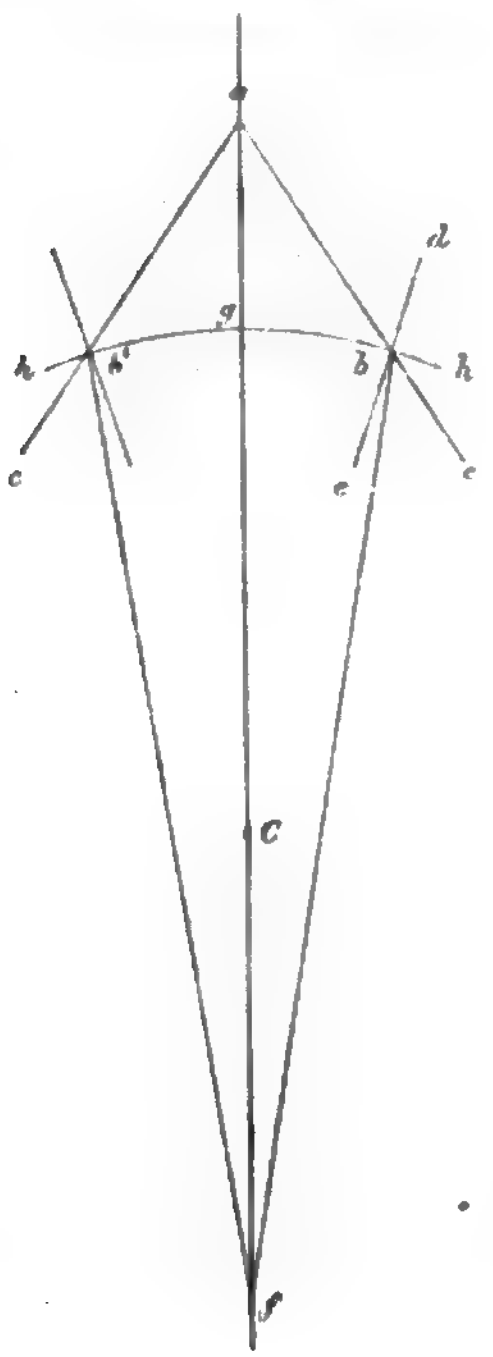
1) Man vgl. über den Glaskörper: Brücke in Müll. Arch. 1843. p. 345. 1845. p. 130. — Hannover, ebend. p. 471. — Virchow in s. Archiv. IV, 468. — Bowman, Lect. on the parts concern. in the operat. on the eye. Lond. 1849. — Lohmeier in Zeitschr. für rat. Med. V. N. F. p. 56. — Coccius, Über das Gewebe und die Entzündung des menschlichen Glaskörper. Leipzg 1860.

2) Die cornea ist nun freilich nach den Untersuchungen von Helmholtz kein Kugelabschnitt, sondern ihre vordere Fläche schliesst sich nahe einem Abschnitte eines Rotationsellipsoides an, welches um seine längere Axe gedreht ist. Das Ende dieser Axe liegt im Mittelpuncte der Hornhaut. Die Form der hintern Fläche ist nicht sicher bekannt. — Zur Bestimmung der Hornhautkrümmung hat Helmholtz ein eignes Messinstrument construirt, mit welchem er an Lebenden Messungen anstellte, Ophthalmometer genannt. — Vgl. Phys. Optik. p. 8 u. 11, wo die frühere Literatur angegeben ist.

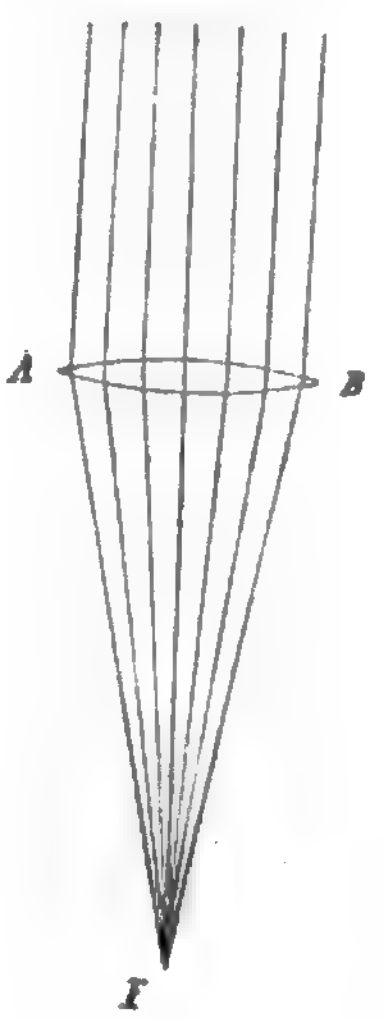
Digitized by Google

gedacht wird. Da nun bei Kugelflächen der radius stets auf demjenigen Theile derselben, zu welchem er hingezogen wird, senkrecht steht, so ist bei Kugelflächen die Verlängerung des radius das Einfallsloth, hier *dc* und *d' c'*. — Anstatt dass die Strahlen *ab* und *a' b'* sich weiter nach *c* und *c'* fortsetzen, werden sie nach dem Einfallslothe zu gebrochen, laufen convergirend und schneiden sich endlich in *f*, d. h. sie fallen mit der Fortsetzung des sog. Richtungsstrahles *ag* zusammen, welcher auf den Mittelpunct der Kugel gerichtet ist und daher ungebrochen hindurch geht. — Man nennt die zusammengehörigen Puncte *a* und *f*: durch Brechung conjugirte Brenn- oder Vereinigungspuncte.

Fig. 206.



Figur 207.



603. Der Punct, an welchem Strahlen, welche aus einem unendlich entfernten Puncte, z. B. von der Sonne oder den Sternen herkommen, daher als mit der Axe parallele Strahlen betrachtet werden können, und durch die Linse *A B* (Fig. 207) vereinigt werden, heisst der Hauptbrennpunct *F*.

604. Die durch die cornea begonnene Brechung wird durch den

Digitized by Google

humor aqueus, die Linse und den Glaskörper noch verstärkt, was keiner weitern Erörterung bedarf.

3) Modalitäten.

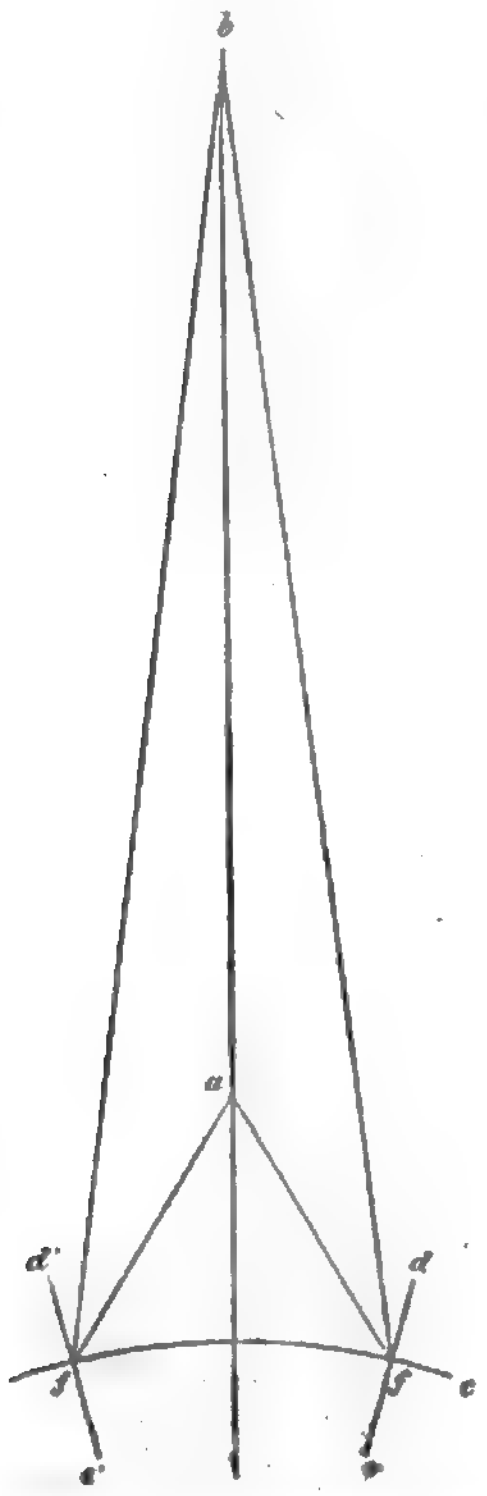
605. Der Grad der Brechung der Strahlen hängt wesentlich von drei Umständen ab, nämlich: a) von dem Winkel, unter welchem ein Strahl einfällt, b) von der brechenden Kraft des Mediums, in welches der Strahl einfällt, c) von der Natur der Strahlen.

a) Einfallswinkel.

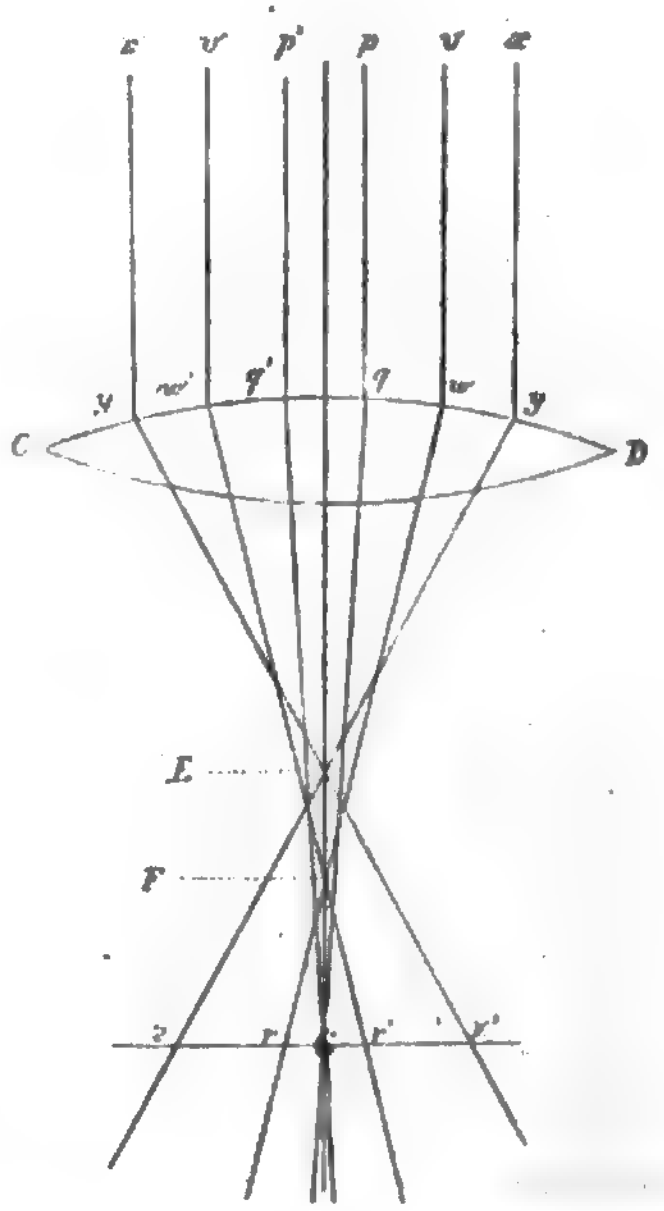
606. Auf den Einfallswinkel sind von besonders grossem Einflusse 1) die Entfernung zwischen dem leuchtenden Puncte und der cornea, und 2) die Krümmung des brechenden Körpers.

607. Man sieht leicht aus Fig. 208, dass die Strahlen, welche aus einer geringeren Entfernung *a* einfallen, mehr divergiren, als die aus weiterer Entfernung *b* einfallenden. Je mehr diese zunimmt, desto mehr

Figur 208.



Figur 209.



nähern sich die Strahlen dem Parallelismus und aus unendlich grosser Entfernung sieht man daher die Strahlen geradezu als parallel an. — Die Strahlen *bf* bilden mit dem Einfallslothe *de* einen viel

Digitized by Goo

kleinern Winkel, als die Strahlen af, daher wird auch die Vereinigung der Strahlen bf zu einem Bildpuncte früher zu Stande kommen, als die von af. Man kann ganz allgemein sagen, dass, je weiter der leuchtende oder beleuchtete Punct vor der cornea liegt, desto näher der Bildpunct hinter derselben liegt. Der nächste ist der Hauptbrennpunct, in dem sich die aus unendlicher Ferne kommenden Strahlen zu einem Bildpuncte vereinigen.

608. Man nennt den Winkel, unter welchem der Durchmesser einer Linse von ihrem Brennpuncte aus erscheint, die Öffnung der Linse. Ist dieser Winkel klein, so werden alle Strahlen, die von einem Puncte vor der Linse ausgehen, in einem Puncte wieder vereinigt. Ist aber die Öffnung gross, wie in Fig. 209, so kommen die Randstrahlen $y\,y'$ eher zur Vereinigung, bei E, als die der Axe näher liegenden von $w\,w'$, welche im Brennpuncte F vereinigt werden, während die noch mehr centralen Strahlen $q\,q'$ noch entfernter von der Linse in G zur Vereinigung kommen.

Wenn die retina in G wäre, so würden die Strahlen $x\,y$, $x'\,y'$ eines unendlich entfernten Punctes, welche in E sich schneiden, von da aus wieder auseinander gehen, und auf der retina als sogenannte Zerstreuungskreise $z\,z'$ erscheinen. Eben so würden von $v\,w$, $v\,w'$, die sich in F vereinigen, die Zerstreuungskreise $r\,r'$ sich zeigen. Hingegen würden die Strahlen $p\,q$, $p'\,q'$ mit dem Mittelstrahle in G sich vereinigen. Wenn auch die Strahlen, welche zwischen $p\,q$, $p'\,q'$ und $v\,w$, $v'\,w'$ liegen, Zerstreuungskreise bilden, so liegen sie jedoch G so nahe, dass sie in der Empfindung nicht von einander zu sondern sind. In der That ist zur Schärfe der Wahrnehmung eines Bildes im Auge keine solche Vereinigung der Lichtstrahlen erforderlich, dass dieselben ganz genau in einem Puncte zusammenfallen müssen; vielmehr ist die Annahme nothwendig, dass vollkommen deutlich gesehen werden kann, wenn auch die Vereinigungspuncte der Lichtstrahlen ein Minimum vor oder hinter die retina fallen. Zudem hat der die Strahlen aufnehmende retina-Theil auch eine gewisse Dicke, sodass auch innerhalb dieser retina-Schicht noch Vereinigungspuncte sein können. Sturm hat nachgewiesen, dass eine solche punctförmige Vereinigung schon deshalb nicht zu Stande kommen kann, weil die brechenden Apparate nicht vollkommen sphärisch sind. — Fick glaubt aus seinen Beobachtungen schliessen zu müssen, dass sogar beim Fixiren eines jeden Gegenstandes die vertikal kommenden Strahlen nicht an derselben Stelle zur Vereinigung kommen, wie die horizontal kommenden. — Sonach liegen die Vereinigungspuncte in einer Linie hinter einander, welche man die Accommodationslinie (nach Czermak) nennt; trotzdem, dass dadurch Zerstreuungskreise entstehen müssen, sehen wir doch innerhalb dieser

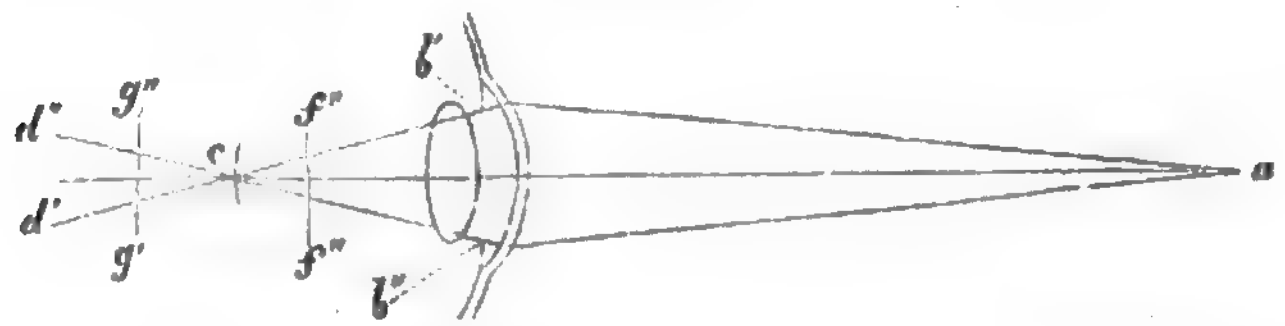
Digitized by Google

Linie deutlich. — Die frühe Vereinigung der Randstrahlen, d. h. also die Entfernung der Puncte E und G, nennt man sphärische Aberration, oder nach Helmholtz, monochromatische Abweichung, weil die Brechungsflächen im Auge nicht sphärisch gekrümmt und nicht genau centrirt sind.

Accommodation.

609. Da Strahlen, die von verschieden entfernten Puncten kommen, auch verschiedene Brennpuncte haben, so folgt, dass ein deutliches Bild auf der retina nur bei einer bestimmten Entfernung des Objectes vom Auge möglich ist. Denn nur in diesem Falle ist ja jeder Punct wieder in dem Vereinigungspuncte repräsentirt. In der That beobachtet man an einem todten pigmentlosen Auge nur in einer ganz bestimmten Entfernung die Bilder vollkommen scharf. Bei andern Entfernungen entstehen Zerstreuungskreise, welche das deutliche Sehen hindern, und zwar um so mehr hindern, je grösser die Zerstreuungskreise sind. Das ergibt sich aus Fig. 210. Wenn der Punct a in derjenigen Entfernung von der retina c ist, dass die von ihm

Figur 210.



ausgehenden divergirenden Strahlen, welche auf die cornea fallen, $b'\,b''$ wieder auf der retina zur Vereinigung kommen, so wird derselbe deutlich gesehen. Rücken wir hingegen denselben näher dem Auge, so vereinigen sich dieselben, weil sie weniger stark gebrochen werden, erst etwa bei $g'\,g''$. Auf der retina ist hingegen ein Zerstreuungskreis. Wir sehen also den Punct a nicht mehr als Punct. Wenn man im Stande wäre, die retina weiter nach Hinten zu verrücken, so dass sie nach $g'\,g''$ versetzt würde, so wäre eine Vereinigung gegeben. Dasselbe könnte natürlich auch dadurch bewirkt werden, dass die Linse verschiebbar wäre. Könnte die Linse vorrücken, so würden die Strahlen weiter nach Vorn zur Brechung und weiter nach Vorn zur Vereinigung kommen, wie aus Fig. 210 auf den ersten Blick hervorgeht. — Rücken wir den Punct a weiter, so würden die Strahlen zu früh vereinigt, und nur deutlich erscheinen, wenn die retina in $f'\,f''$ wäre, nicht aber in c. Je grösser nun die Zerstreuungskreise sind, desto undeutlicher wird der zu sehende Punct erscheinen. Wenn z. B. in $g'\,g''$ die retina wäre, so würde der Punct a schon sehr undeutlich sein, noch mehr aber, wenn die retina in $d'\,d''$ wäre, weil der Zerstreuungskreis noch grösser als der Kreis $g'\,g''$ ist. Es ist

Digitized by Google

daher von Wichtigkeit, zu wissen, wie gross die Zerstreuungskreise im Verhältnisse zur Entfernung vom Auge sind. Listing hat berechnet, dass die Zerstreuungskreise unverhältnissmässig rasch an Durchmesser zunehmen, wenn die leuchtenden Puncte in die Nähe des Auges kommen. Wenn z. B. ein leuchtender Punct 375^{mm} vom Auge entfernt ist, und der Abstand des Vereinigungspunctes der Lichtstrahlen von der retina 0,8 ^{mm} beträgt, so ist der Durchmesser des Zerstreuungskreises 0,1616 ^{mm}. — Ist hingegen der leuchtende Punct nur 88 ^{mm} vom Auge entfernt, also ungefähr $^1/_4$ näher, so ist, bei einem Abstande des Vereinigungspunctes von der retina von 3,42 ^{mm}, der Durchmesser des Zerstreuungskreises 0,6484, also etwa vier Mal so gross. — Ganz anders verhält es sich bei grossen Entfernungen. Ist z. B. der Abstand des Leuchtpunctes:

	so ist der Abstand der Vereinigungspuncte der Lichtstrahlen von der retina.	Durchmesser der Zerstreuungskreise.
Unendliche Entfernung.	0 ^{mm}	0 ^{mm}
65 Meter	0,005	0,0011
25 »	0,012	0,0027
12 »	0,025	0,0056.

610. Wenn indess ein gutsehendes Auge auf zwei hinter einander stehende Gegenstände, z. B. die Köpfe zweier hinter einander aufgesteckter Stecknadeln, blickt, so kann es nach einander sowohl den vordern, als den hintern mit aller Schärfe erkennen. Hält man in der Entfernung von etwa 6″ vor dem Auge einen Schleier und dahinter in 2′ Entfernung ein Buch und schliesst ein Auge, so hat man es in seiner Gewalt, nach einander bald die Fäden des Schleiers, bald die Buchstaben des Buches deutlich zu sehen (Helmholtz) [1]. Es ist aber jedes Mal ein besonderes Streben, eine Anstrengung dazu erforderlich. Wenn das Auge das vordere Object fixirt, so ist das hintere undeutlich, und umgekehrt. Hieraus geht hervor, dass das Auge gewisser willkührlicher Bewegungen fähig ist, durch welche die Entfernungen zwischen der retina und den brechenden Medien (cornea oder Linse oder Glaskörper) in ein anderes Verhältniss treten.

611. Hieher gehört auch der Versuch von Scheiner. [2]) Man steche in ein Kartenblatt zwei Öffnungen, welche näher an einander stehen, als der Durchmesser der Pupille beträgt. Sodann stecke man auf ein Brettchen zwei Stecknadeln hinter einander in gerader Linie auf. Fixirt man nun durch die beiden Öffnungen des Kartenblattes

1) Helmholtz, Physiol. Optik. p. 92.
2) Scheiner, Oculus s. fundam. opticum. Innsbruck 1619. p. 32.

Digitized by Google

die vordere Stecknadel, so sieht man zwar gleichzeitig auch die hintere; dieselbe erscheint aber undeutlich und doppelt; fixirt man die hintere, so wird die vordere undeutlich und doppelt. Wenn der Brennpunct für die entferntere Stecknadel grade auf der Netzhaut ist, so müssen nothwendig die Strahlenbündel, welche von der nähern kommen, noch nicht zur Vereinigung gelangt sein; wir sehen von dem durch jede Öffnung des Kartenblattes durchgehenden Strahlenbündel je ein undeutliches zerstreutes Bild auf der retina.

Den Scheiner'schen Versuch kann man mehrfach modificiren, indem man z. B. anstatt zweier Öffnungen drei anbringt, worüber Volkmann, Helmholtz u. A. Versuche angestellt haben. Macht man drei Löcher in ein Kartenblatt, wie bei *a*, Fig. 211, so erscheinen bei Accommodation für einen nähern Gegenstand die Bilder wie bei *b*, für einen fernern

Fig. 211.

wie bei *c*. Ein interessanter, hieher gehöriger Versuch ist noch folgender. Spannt man einen dünnen Faden aus und fixirt einen Theil desselben, so erscheint derselbe in seiner wirklichen Breite, während das jenseits und diesseits liegende Stück breiter und undeutlicher wird. Dieser Versuch dient zugleich zum Beweise dessen, was oben §. 606 gesagt worden ist. Streng genommen sollte nur ein einziger Punct deutlich und in der rechten Dimension gesehen werden und von allen übrigen Puncten nur Zerstreuungskreise, diese aber sind so klein, dass sie nicht unterschieden, und gleichfalls als Puncte angesehen werden.

612. Man nennt das Vermögen des Auges, solche innere Bewegungen hervorzubringen, durch welche dasselbe die Vereinigung von Lichtstrahlen zu Stande zu bringen vermag, welche aus verschiedener Entfernung kommen, Accommodations-, Adaptions- oder Einrichtungs-Vermögen.

613. Ob das Auge in seinem Ruhezustande für unendlich ferne Gegenstände (Volkmann)[1]), oder für solche, welche in einer mittlern Entfernung liegen [Th. Weber[2]), v. Gräfe, Fick], eingerichtet ist, steht noch nicht fest. Wenn es für unendliche Entfernungen eingerichtet ist, so wären nur Bewegungen im Auge nothwendig, wenn ein näherer Gegenstand fixirt werden sollte. Es erfordert

1) Volkmann in Wagner's Handwörterbuch. III, 1. p. 300.

2) Th. Weber in Archiv für phys. Heilk. XI, 479. — v. Gräfe, Archiv für Ophthalmol. 1856. II, 2, p. 299. — Fick, Med. Phys. p. 291.

Digitized by Google

Anstrengung, wenn man in die Nähe sehen will, aber auch beim Sehen in die Ferne. — Die gleich anzugebenden Beobachtungen über die Erscheinungen der Accommodation sprechen dafür, dass die innern Bewegungen nur zum Sehen in die Nähe gemacht werden. Auch ein Versuch von Volkmann scheint dasselbe zu bestätigen. Fixirte er durch zwei Öffnungen eines Kartenblatts einen Punct an einem ausgespannten Faden, so konnte er zugleich Doppelbilder erhalten von den nicht fixirten Partien. Man glaubt zwei sich in spitzen Winkeln kreuzende Fäden zu sehen. Der Kreuzungspunct ist die fixirte Stelle. Öffnet und schliesst man nun unbefangen abwechselnd das Auge, so liegt die Kreuzungsstelle jedesmal an demselben Puncte. Man ist im Stande, diese Stelle dem Auge näher zu bringen, aber sie nicht in grössere Ferne zu verlegen. Accommodirt man das Auge für einen nähern Punct des Fadens, so dass man ihn einfach sieht, schliesst und öffnet das Auge, so liegt der Kreuzungspunct nicht mehr da, wo er vorher lag, aber er kann auch jetzt nicht weiter entfernt, aber wohl genähert werden. Hieraus schliesst Volkmann, dass man zur Accommodation nur einer einseitigen Thätigkeit bedarf, durch welche die Fokalweite vergrössert wird. — Th. Weber nennt die Accommodation für die Ferne das negative Accommodationsvermögen.

614. Die wichtige Veränderung der Linse, welche der Accommodation zu Grunde liegt, ist erst in neuerer Zeit entdeckt worden. Früher hatte man viele Hypothesen aufgestellt, welche alle nicht auf sicherer Basis ruhten. [1]) — Namentlich hat man den Augenmuskeln sowohl den geraden, als den schiefen, die Fähigkeit zugetheilt, die Form des Augapfels zu ändern. Die m. recti sollten bei ihrer Contraction den Querdurchmesser vermindern und den Längsdurchmesser vergrössern, oder auch den bulbus durch ihr Zusammenwirken nach Hinten ziehen, so dass dadurch umgekehrt sein Querdurchmesser zunehme. Letzteres ist deshalb schon nicht richtig, weil bei der Accommodation für die Nähe das Auge nicht gleichmässig zurückgezogen wird, sondern nach Innen steht, wobei also der m. rectus internus das Übergewicht hat. — Auch fehlt bei Accommodation für die Nähe die Wölbung der cornea, und endlich hört die Fähigkeit zu accommodiren nicht auf, wenn alle Augenmuskelnerven, besonders aber der n. oculomotorius, gelähmt sind (v. Gräfe). —

---

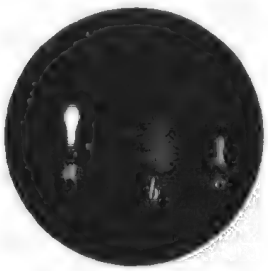
1) Man vgl. hierüber Helmholtz, Physiol. Optik. p. 118, wo auch die Literatur angegeben ist. Wir heben daraus besonders hervor: Müller's Phys. II, 330. — Volkmann in Wagner's Handwörterb. III, 1. 295. — Young in Philos. Transact. 1801. I, 55.

Digitized by Google

615. Während des Nahesehens nimmt nach den Versuchen von Cramer [1]) und Helmholtz [2]) die Krümmung der Vorderfläche der Linse zu, wodurch die Vereinigung der Lichtstrahlen früher zu Stande kommen muss, und daher auf der retina keine Zerstreuungskreise entstehen.

616. Hält man in einem übrigens dunkeln Zimmer ein Kerzenlicht gegen ein Auge, so spiegeln sich, wie zuerst Purkinje und Sanson beobachteten, drei Bilder von der Flamme im Auge ab. Das vorderste *a* (Fig. 212), welches das deutlichste ist und aufrecht steht, kommt von der cornea; das zweite verwischte *b* steht gleichfalls aufrecht und ist Spiegelbild der vordern Linsenfläche; das dritte *c*, welches der hintern Linsenfläche, also einem Hohlspiegel angehört, steht verkehrt. — Wenn ein Mensch einen nahen Punct fixirt und man eine Lichtflamme auf sein Auge fallen lässt, und dann wieder einen fernen Gegenstand fixirt, so verändert sich die gegenseitige Stellung der drei Flammenbilder im Auge (Cramer, Helmholtz), wie man durch ein Fernrohr mit 10- bis 20facher Vergrösserung beobachtet.

Figur 212.



Figur 213.

Beim Nahesehen rückt nämlich das der vordern Linsenfläche angehörende Lichtbild *b* (Fig. 213) dem cornea-Bilde *a* näher und wird bei Weitem kleiner und deutlicher. Hieraus geht hervor, dass die vordere Linsenfläche ihre Lage verändert haben muss. Ihr Krümmungshalbmesser ist nicht mehr der frühere, sondern nothwendig vergrössert, wodurch das Bild dieser Fläche dem cornea-Bilde näher rücken muss, wie aus folgender Demonstration (nach Donders) [3]) hervorgeht, s. Fig. 214.

Wenn von *L* aus Licht auf die cornea bei 1 fällt, so wird es von da aus unter demselben Winkel, unter welchem es einfällt, in das

1) Cramer, Über das Accommodationsvermögen des Auges, übers. von Doden. Leer. 1855.

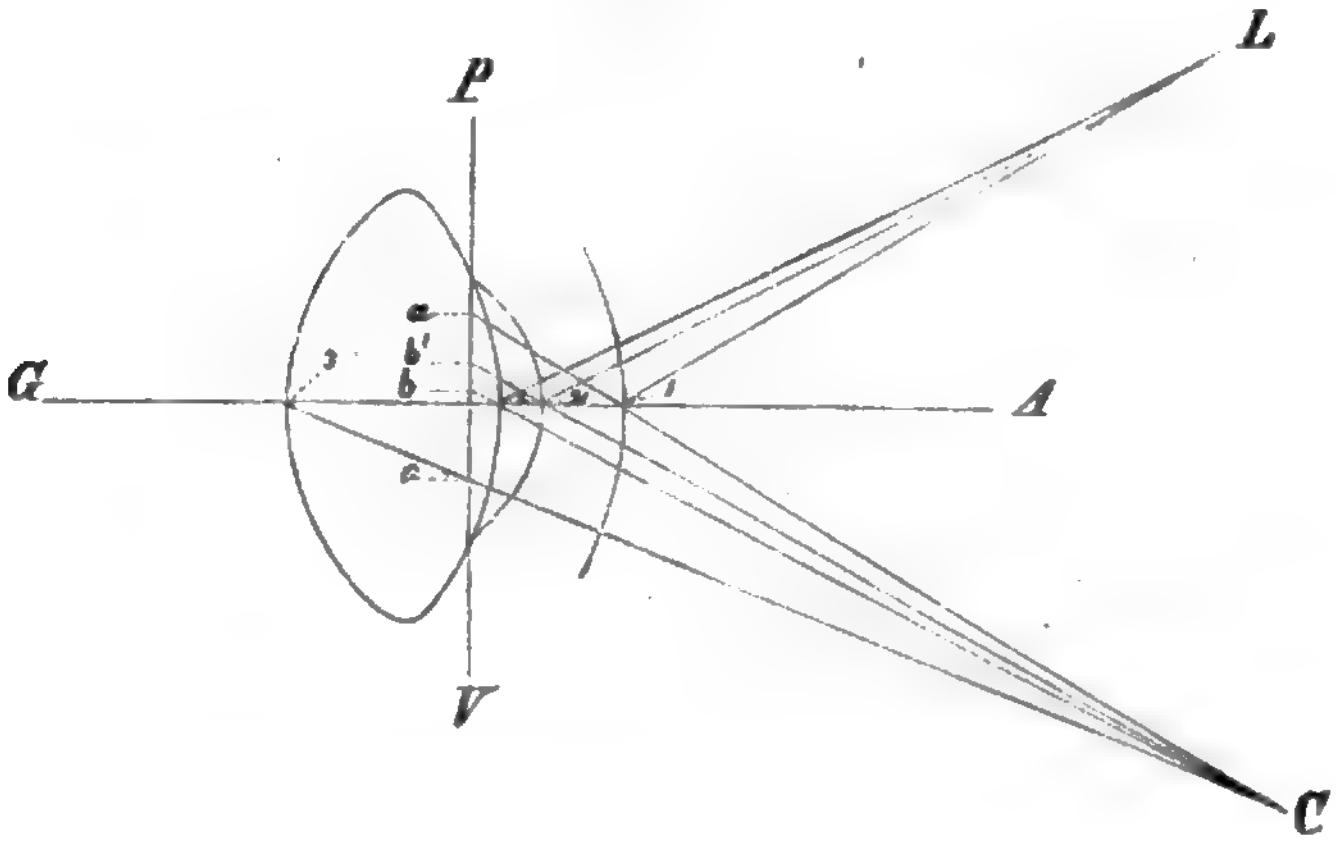
2) Helmholtz, l. c. p. 103.

3) Donders, Onderzeck. gedaan in phys. Labor. 1854. VI, 61.

Digitized by Google

Auge reflectirt ($L\,1\,A = A\,1\,C$). Dieses verlegt das Hornhautbild in der Richtung $C\,1$ projicirt auf die Ebene der Pupille $P\,V$ in a. — Das Lichtbild von L, welches auf die Vorderfläche der ruhenden Linse fällt bei 2, wird nun gleichfalls reflectirt und das entsprechende Bild in b projicirt. Das Bild der Hinterfläche der Linse, auf welche bei 3 das Licht von L einfällt, sieht endlich das Auge in c. — Wölbt sich nun die Vorderfläche der Linse mehr hervor, so fällt das Licht bei $2'$ auf die Linse, und da nun dasselbe unter dem Winkel $A\,2'\,C$ ($= A\,2'\,L$) reflectirt wird, so sieht das Auge das Lichtbild in b', also näher dem cornea-Bilde a, als vorher. Auch werden die bei der stärker gewölbten Linse mehr gebrochenen Strahlen kleinere Zerstreuungskreise auf der retina machen, als dies vorher der Fall war, daher das vordere Linsenbild deutlicher erscheint.

Figur 214.



Helmholtz fand ausser der Vorwölbung der vordern Linsenfläche, dass auch die Hinterfläche der Linse sich etwas stärker wölbt, ohne ihren Platz zu verändern, dass also die ganze Linse in ihrer Mitte dicker wird und sich ihre queren Durchmesser verkürzen; sowie dass der Pupillarrand der iris nach Vorn rückt, während die Peripherie zurück weicht. — Bei jeder Accommodation in die Nähe verengt sich die Pupille, wobei auch das Auge sich nach Innen wendet. Man legte dieser Drehung des Auges nach Innen und der damit verbundenen Pupillenverengerung ein besonderes Gewicht bei und suchte dadurch die Accommodation zu erklären. [1]) — Das Vorrücken des

1) Vgl. J. Müller, Physiol. II, 334.

Digitized by Google

Pupillenrandes rührt nach Helmholtz wesentlich von der Linsenwölbung her und kann leicht beobachtet werden, wenn man einen Menschen, der sein Auge für nahe Gegenstände einrichtet, betrachtet. Im Augenblicke, in welchem das für die Nähe accommodirte Auge wieder in diesem Bestreben nachlässt und zur Ruhe zurückkehrt, bemerkt man nach der Beobachtung von Purkinje einen schmalen kurzen Saum an der Peripherie des Sehfeldes, welchen man Accommodationsphosphen nennt.

617. Es ist zwar noch nicht vollends die Ursache klar, durch welche die Wölbung der Linse nach Vorn bedingt wird; wahrscheinlich aber entsteht in Folge der Intention, einen nahen Gegenstand sehen zu wollen, eine reflectirte [1]) Bewegung gleichzeitig in dem m. tensor chorioideae [2]) und den iris-Muskeln. Die Mitwirkung der iris bei der Accommodation wurde von Cramer [3]) durch folgenden Versuch dargethan. Er schnitt an der hintern Wand des bulbus von einem Seehunde alle Häute ab, so dass der Glaskörper blosslag, legte dann den vordern Theil des unversehrten bulbus auf die Öffnung des Objecttisches eines Mikroskopes und betrachtete das Bild einer in passender Entfernung aufgestellten Kerzenflamme auf dem Glaskörper bei einer 80maligen Vergrösserung. Galvanisirte er nun die iris, so verschwand das Bild aus dem focus und die Krümmung der Linse vermehrte sich; hatte er aber die iris durchgeschnitten und reizte dann, so blieb das Bild ungeändert. — Cramer nimmt an, dass die iris unmittelbar auf der vordern Linsenfläche aufliege und keine hintere Augenkammer existire [4]); und dass sich alle Muskel-

1) Wundt in Zeitschrift für rat. Med. 3. R. VII, 335.

2) Brücke fand zuerst, und dann Bowman, beide jedoch unabhängig von einander, dass das ligamentum chorioideae aus Muskelfasern besteht, und Ersterer nannte es daher tensor chorioideae. Ein Theil der Muskelfasern verläuft nach H. Müller parallel dem Rande der iris, ein anderer in radialer Richtung. Nach Müller sollen die Nerven dieses Muskels eingestreute Ganglienzellen haben, vgl. Gräfe's Archiv für Ophthalm., III, 1, und Würzburger Verhandlungen. 1859. p. 107.

3) Cramer, Phys. Abh. über das Accommodat. Vermögen des Auges, übersetzt von Doden. Leer 1855.

4) Ausser von Cramer wird auch von Stellwag v. Carion, Helmholtz, Waller die Anwesenheit einer hintern Augenkammer bestritten, wie schon früher von Winslow, Senac, Lieutaud, s. meine: Bewegung der iris, p. 6. Hingegen nehmen in der neuern Zeit eine hintere Augenkammer an: ich, Arlt und Ritterich. — Helmholtz gibt an (p. 15), dass die iris keinen Schlagschatten auf die Linse wirft, was geschehen würde, wenn die iris nicht dicht auf der Linse aufläge. Man stellt seitlich und etwas nach Vorn von dem beobachteten Auge ein Licht auf und lässt den Brennpunct einer Sammellinse von etwa 2 Zoll Brennweite und möglichst grosser Öffnung ein wenig von der Seite her auf die

Digitized by Google

fasern der iris verkürzen. Indem nun der sphincter pupillae bei der Accommodation für die Nähe sich contrahirt, werden die Fasern des dilatator gespannt, und endlich zieht sich auch der tensor chorioideae zusammen. Durch letztern wird der Glaskörper nach Vorn geschoben und dadurch natürlich die Linse verhindert, zurückzuweichen, wenn ein Druck auf sie einwirkt. Indem aber die Längsfasern der iris sich spannen, muss der vordere Theil der Linse, welcher die iris aufliegt, comprimirt werden. Sie kann nach Hinten nicht ausweichen wegen des oben erwähnten Hindernisses von Seiten des Glaskörpers. Sie muss sich daher nach Vorn wölben und die iris mit nach Vorn bewegen. Der Druck auf die Vorderfläche der Linse durch die Fasern des dilatator wird aber durch den contrahirten sphincter vermehrt, welche jenem dadurch einen festen Punct geben. — Um nun zu erklären, weshalb die Mitte der Linse dicker werde, nimmt Helmholtz an, dass die zonula Zinnii während der Accommodation durch die Contraction des tensor gespannt und dadurch die Linse nach Hinten auch etwas gewölbt und ihre Mitte dicker wird. Wenn die Lageveränderung der zonula beim Aufhören der Accommodation plötzlich nachlässt, so entsteht durch die Rückkehr der Linse zu ihrer natürlichen Form eine Zerrung des vordern Randes der retina, woraus Czermak das Accommodationsphosphen (s. §. 614) erklärt. — Andere Beobachter haben noch auf andere Umstände hingewiesen, welche auf die Accommodation wirken, so H. Müller auf die von ihm entdeckte Muskelfaserschicht am m. ciliaris, L. Fick und Czermak auf den Einfluss des Blutes. [1])

Wenn die Linse durch eine Staaroperation entfernt ist, so geht dennoch nicht in allen Fällen das Accommodationsvermögen verloren; ebenso kann es noch bestehen bei mangelnder iris und bei

---

vordere Linsenfläche fallen. Bei so starker Beleuchtung erscheint dann die Substanz der Linse weisslich trübe und man sieht, dass von der iris kein Schlagschatten geworfen wird. Bei luxirten Augen von Thieren bemerkte Waller (C. r. 1856. II. Nr. 13) das unmittelbare Aufliegen der iris auf der Linse. Meissner (Jahresber. 1856. p. 549) fand keine vollständige Abwesenheit des Schlagschattens. Ritterich sagt, wenn man bei mittelgrosser Pupille eine getrübte, aber nicht verkleinerte Linse von der Seite her betrachte, so komme ein Theil derselben zum Vorschein, welcher nicht sichtbar sei, wenn man das Auge von Vorn betrachtet (Lehre vom Schielen. Leipzig 1856. p. 101). — In gefrornen Augen findet sich Eis zwischen Linse und iris, vgl. Budge, Bewegung der iris. 1855. p. 6. — Arlt in Archiv für Ophthalm. 1857. III, 2. p. 87.

1) Vgl. in v. Gräfe's Archiv für Ophthalmol. III, 1. — L. Fick in Müller's Archiv. 1853. p. 449. — Czermak in Prager Vierteljahrsschrift. 1854. III. p. 109.

Digitized by Google

Lähmung aller Augenmuskelnerven. [1]) — Momentan scheint jedoch durch Einträufeln einer Lösung des Belladonna-Extracts oder Atropins dasselbe aufzuhören. [2]) Nach meinen Beobachtungen wirkt aber das genannte Mittel dadurch, dass es die Muskeln der iris (wahrscheinlich auch den tensor chorioideae) lähmt und daher den so nothwendigen Einfluss dieser Muskeln auf die Accommodation aufhebt.

618. Die Vorwölbung der Linse, welche durch willkührlichen Muskelact bewirkt wird, hat indess ihre Gränze. Man kann daher erst von einer gewissen Entfernung vom Auge aus einen Gegenstand erkennen. Diesen Punct nennt man den Nahe- oder Gränzpunct. Da sowohl die Nachgiebigkeit der Linse, als die Muskelbeweglichkeit, sowie noch andere Umstände darauf wirken, so ist derselbe bei verschiedenen Menschen sehr verschieden; bei kurzsichtigen Augen oft nur $1^1/_2$ bis 3″, bei gutsehenden 3 bis 7″, bei weitsichtigen noch weiter von der cornea entfernt. Unter Fernpunct versteht man die Gränze, über welche hinaus man nicht mehr scharf und deutlich die Objecte erkennt. Bei Kurzsichtigkeit (Myopia), sowie bei Weitsichtigkeit (Presbyopia) liegen Gränz- und Fernpunct sehr nahe zusammen. In der Myopia ist die Brechung der Strahlen eine zu starke; gewöhnlich sind cornea oder Linse zu sehr gewölbt; eine Concavbrille, durch welche die Brechung vermindert wird, leistet Hülfe. Im Alter, wenn durch Abnahme der Augenfeuchtigkeit die Convexität der brechenden Medien geringer wird, nimmt auch die Myopia ab. — Bei der Presbyopie kommen die nahen Strahlen hinter der retina zur Vereinigung; um Gegenstände zu erkennen, müssen desshalb Weitsichtige dieselben vom Auge abrücken, weil mit der Entfernung die Brechung zunimmt, welche bei Weitsichtigen zu gering ist. Brillen für Weitsichtige müssen convex sein, wodurch die Brechung vermehrt wird.

619. In der Ruhe scheint das Auge für die weiteste Ferne eingerichtet. Wenn es aber nur möglich ist, bis zu einer gewissen Entfernung scharf und deutlich die Objecte zu erkennen, so kommt dabei noch etwas Anderes in Betracht. Die Bilder auf der retina werden mit zunehmender Entfernung immer kleiner und dadurch die Empfindung schwieriger. Es liegt also nicht an der optischen Einrichtung, sondern an den Empfindungsapparaten. — Der Fernpunct für einen Stecknadelkopf liegt daher viel näher, als der Fernpunct für einen Baum. — Ausserdem hängt das Sehen in die Ferne von dem Beleuchtungsgrade ab, wesshalb die Himmelskörper, trotz der unendlichen Entfernung, doch noch deutlich erscheinen.

---

1) Ruete, De irideremia cong. Lipsiae 1855. — v. Gräfe in dessen Archiv II, 2. p. 299. — Guepin in Meissner's Jahresbericht. 1856. p. 551.

2) Vgl. Zehender, Archiv für Ophthalm. 1856. II, 2. p. 95.

Digitized by Google

Wenn die Zerstreuungskreise von Körpern herrühren, welche nur einen unbeträchtlichen Durchmesser haben, so entstehen, grade wie dies im Scheinerschen Versuche der Fall ist, auch dann doppelte und mehrfache Bilder, wenn man nicht durch eine enge Öffnung sie anblickt. Das Doppeltsehen mit einem Auge, diplopia monophthalmica, kann jeder gesunde Mensch an sich beobachten, wenn ein Punct nicht mehr in der rechten Sehweite sich befindet und dem Auge entweder zu nahe oder zu fern gebracht wird. Besonders wird es Kurzsichtigen leicht, bei fern gehaltenen Puncten dies zu beobachten. Ich gebe an, was ich in dieser Beziehung an mir selbst wahrnehme. Entferne ich einen schwarzen, auf weisses Papier gezeichneten Punct aus der Sehweite, so umgibt er sich zuerst mit einem weissen Hofe, welcher immer mehr zunimmt. Sobald dieser Hof anfängt undeutlich zu werden, so sehe ich anstatt eines Punctes zwei, welche neben einander, jedoch nicht in grader Linie, sondern etwas schief stehen, und die mir ganz besonders bestimmt erscheinen, wenn ich seitlich auf das Papier blicke. — An einem Kreuze erscheint mir die vertikale Linie eher und länger doppelt als die horizontale. Je mehr ich das Papier vom Auge entferne, desto grösser wird der weisse Zwischenraum zwischen den beiden scheinbaren Linien, wie auch die Zerstreuungskreise mit der Entfernung zunehmen und also die Endpuncte, welche an den nicht angeregten retina-Theil stossen, bei grössern Entfernungen weiter von einander abstehen. — Betrachte ich einen schwarzen Ring, so erscheint derselbe gleichfalls in Form von zweien, neben einander liegenden Ringen, welche zuerst dicht neben einander stehen, bei zunehmender Entfernung sich halb decken, dann vollständig auseinander rücken und endlich undeutliche Bilder geben. — Blicke ich durch eine enge Öffnung eines Kartenblattes den Himmel an, so erscheint mir jenseits des Accommodationsvermögens die Öffnung zuerst kleiner und umgibt sich mit einem grauen Rande. In diesem steigen alsbald Kreise auf, von denen ich, wenn ich sie mit zwei Augen betrachte, gewöhnlich um einen Mittelkreis, der jedoch nicht genau im Centrum steht, sechs Nebenkreise herumgestellt erkenne. — Unregelmässiger und mehr in einander fliessend erscheinen sie mir, wenn ich sie nur mit einem Auge anblicke, — als mit beiden.

Erscheinungen dieser Art sind sowohl bei mangelnder Accommodation für die Nähe, als für die Ferne von Meyer [1]) und Helmholtz [2]) ausführlich beschrieben. — Zerstreuungskreise können überall durch Veränderung in der Brechung hervorgebracht werden. Wenn daher

1) Meyer in Henle's Zeitschr. V, 368.
2) Helmholtz, Phys. Optik, p. 137.

Digitized by Google

Thränentropfen oder Meibom'sches Drüsensecret auf der Hornhaut liegt, entstehen solche Doppeltbilder sehr gewöhnlich, welche mit dem Abwischen dieser Flüssigkeiten wieder aufhören. Fick [1]) hat in der camera obscura beobachtet, dass, wenn Öltropfen auf die Vorderfläche der Objectivlinse gebracht waren, der leuchtende Punct gleichfalls doppelt und vielfach gesehen wurde, wenn die Einstellung nicht genau war. — Helmholtz erinnert an den strahligen Bau der Linse, welcher eine Ähnlichkeit mit dem Bilde hat, welches man zu sehen glaubt, wenn man durch eine feine Öffnung gegen den Himmel sieht.

620. Unter mittlerer Sehweite versteht man die Entfernung, in der die meisten Menschen mässig grosse Gegenstände noch deutlich zu erkennen vermögen. Dieser Ausdruck schliesst indess, wie aus dem Vorigen erhellt, sehr variable Begriffe in sich. Um ein annäherndes Maass zur Bestimmung der Sehweite für einzelne Individuen zu haben, bedient man sich auch des etwas modificirten Scheiner'schen Versuches.

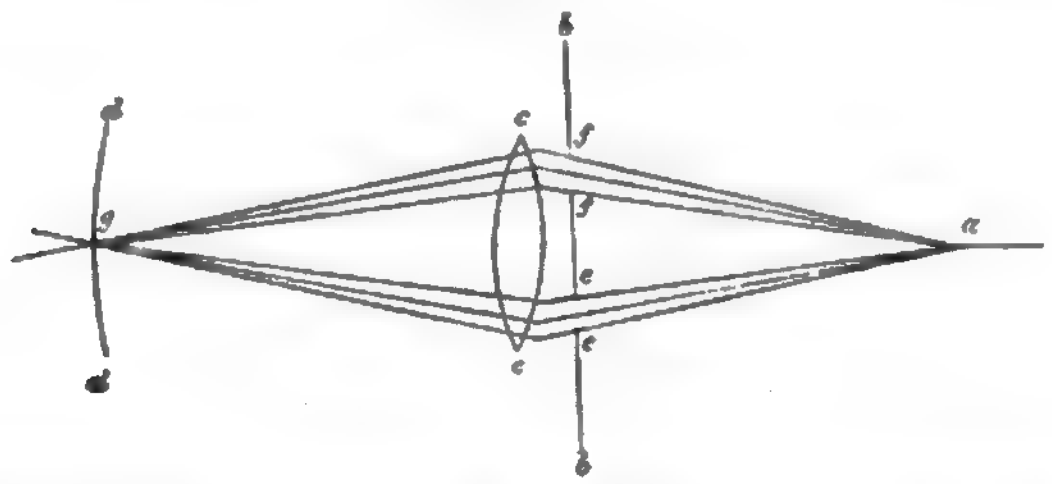
621. Sticht man mit einer Nadel in ein Kartenblatt zwei Öffnungen, welche näher an einander sind, als der Durchmesser der Pupille und betrachtet eine Stecknadel durch diese Öffnungen, so wird man bemerken, dass, ohne das Auge zu adaptiren, in einer gewissen Entfernung die Stecknadel einfach gesehen wird, bei grösserer Nähe oder grösserer Weite hingegen die Nadel doppelt erscheint. — Die deutliche Sehweite für dieses Object ist der Raum, innerhalb welches die Nadel deutlich und nicht doppelt gesehen wird. Durch eine sehr einfache Vorrichtung kann man diesen Raum messen, indem man den Kopf feststellt, das Kartenblatt oder einen entsprechenden Schirm vor demselben befestigt und das Brettchen, auf dem die Stecknadel steckt, neben einer Scale hin und her bewegt. — Die Erklärung der Erscheinung ergiebt sich durch die nachstehende Figur 215: *a* sei ein Punct eines Stecknadelkopfes, *bb* ein von zwei Öffnungen durchbrochenes Kartenblatt (die Öffnungen mussten der Deutlichkeit der Zeichnung wegen gross gemacht werden), *cc* die Linse (der Einfachheit wegen hat man cornea und Glaskörper weggelassen), *dd* die retina. Von dem Puncte *a* geht ein Strahlenbündel durch *ee* und ein anderes durch *ff*; indem diese durch die Linse *cc* gebrochen werden, kommen sie bei *g* zur Vereinigung. Auf der retina *dd* erscheint daher ein Punct. Wird hingegen *a* näher gerückt, so werden die Strahlenbündel (s. Fig. 210.) erst hinter der retina zur Vereinigung kommen: man wird zwei Puncte zu sehen glauben. Wird *a* weit von dem Auge entfernt, so werden die Strah-

1) Fick in Henle's Zeitschr., N. F. II, 88.

Digitized by Google

len vor der retina sich schon vereinigt haben: es werden gleichfalls zwei Puncte gesehen.

Fig. 215.



Zur Bestimmung der deutlichen Sehweite sind besondere Instrumente angegeben, die man Optometer nennt. Vgl bes. Helmholtz, Phys. Optik, p. 100.

622. Was von einem Puncte gilt, hat auch für viele seine Gültigkeit und es wird das Gesagte zur Erklärung für das oben erwähnte Phänomen dienen.

623. Sowie das Auge eingerichtet ist, in grössere und geringere Entfernungen doch deutlich zu sehen, so sind auch Vorkehrungen getroffen, um die Randstrahlen, deren Vereinigungspunct nicht mit dem der Mittelstrahlen zusammenfällt, s. Fig. 209, abzuhalten und dadurch Zerstreuungskreise zu verhüten. — Dies geschieht durch die iris [1]), welche an ihrer hintern Fläche mit Pigment belegt ist und den Durchtritt der Lichtstrahlen dadurch verbietet. Wirkung der iris.

624. Die iris wird besonders dadurch von noch grösserm Nutzen, dass sie nicht eine unbewegliche Platte ist, sondern dass sie vielmehr schmäler und breiter werden kann, wodurch ihre centrale Öffnung, die Pupille, sich zu verengern und zu erweitern vermag. Das stroma der iris ist ein Bindegewebe mit zahlreichen spindelförmigen Zellen, welche netzartig durch Fortsätze zusammenhängen. In demselben sind glatte Muskelfasern, zahlreiche Gefässe und Nerven eingebettet. Die Verengerung geschieht durch den der Pupille zunächst liegenden, nur 1 Millim. breiten Kreismuskel, sphincter pupillae; die Erweiterung durch die radial verlaufenden Fasern des m. dilatator pupillae. — Der erstere Muskel wird durch die rami ciliares nervi oculomotorii, der zweite durch die rami ciliares nervi sympathici cervicalis beherrscht. Von diesen beiden Muskeln (und Nerven) ist es thatsächlich, dass der sphincter das Übergewicht hat, indem bei gleich starker Erregung beider die Pupille sich beträchtlich verengt. Nur wenn der verengernde Nerv gelähmt oder abge-

1) Man vgl. Budge, Bewegung der iris, wo die Literatur sich vollständig angegeben findet.

Digitized by Google

storben ist, dann bringt freilich eine gleiche Erregung beider nur Erweiterung hervor. — Die hintere Fläche der iris (uvea) ist mit Pigment-haltigen Zellen überdeckt. Nur selten fehlt das Pigment.

625. Je mehr sich die Pupille verengt, desto mehr werden alle Randstrahlen abgehalten, desto kleiner werden die Zerstreuungskreise, desto schärfer das Bild.

626. Wie sehr die möglichste Abhaltung der Randstrahlen und die Verkleinerung der Zerstreuungskreise zur Verdeutlichung des Bildes beitragen, davon überzeugt man sich am Besten, wenn man durch ein enges Loch eines Kartenblattes blickt. Hierdurch rückt sowohl der Gränzpunct näher, als der Fernpunct weiter. Besonders bemerken dieses Kurzsichtige, welche beinahe durch diese Öffnung wie durch eine Brille sehen und Fernsichtige, welche sie gleich einer Lupe benutzen können.

627. Der Vortheil, durch natürliche oder künstliche Pupillenverengerung die Zerstreuungskreise zu vermindern, kann jedoch nur in dem Maasse gewonnen werden, als Licht genug ins Auge fällt. Desshalb hat die Natur ein constantes Verhältniss zwischen Lichtstärke und Pupillendurchmesser eingerichtet. Die retina und der n. opticus werden durch die Einwirkung des Lichts in Thätigkeit versetzt. Mit dieser Thätigkeit ist aber jedesmal eine neue Erregung eines zweiten Nervenapparates, nämlich des n. oculomotorius verbunden. Die Kette zwischen n. opticus und n. oculomotorius ist durch die vorderen Vierhügel geschlossen. Wenn an irgend einer Stelle diese Kette unterbrochen ist, so hört sogleich das Spiel auf. Wenn z. B. im schwarzen Staare die retina gelähmt ist, wird durch den Lichteinfluss die Pupille nicht mehr verengt, wie es im gesunden Zustande immer der Fall ist.

628. Führt man eine Kerzenflamme vor dem Auge vorbei, so bemerkt man, dass die Pupille so lange unverändert bleibt, als die Kerze die iris beleuchtet, im Augenblicke aber, wo das Licht in die Pupille eindringt, verengt sich dieselbe. Ich habe Versuche gemacht, in einem bestimmten Verhältnisse die Lichtstärke zu vermindern und zu vermehren, und habe gefunden, dass, wenn die Lichtintensität zunimmt in einem Verhältnisse = 2. 4. 9. 30, der Pupillendurchmesser abnimmt = 4,73. 3,94. 3,47, 3.

629. Wenn Licht auf ein Auge einwirkt, so verengt sich nicht nur die Pupille des afficirten, sondern auch die des andern Auges, weil jeder n. opticus Fasern in jeden vordern Vierhügel sendet.

630. Bei einbrechender Dämmerung erweitert sich aus zwei Gründen die Pupille, nämlich erstens desshalb, weil weniger Licht auf die retina fällt, daher deren Erregung abnimmt und so auch die Wirkung davon, d. i. die Thätigkeit der vordern Vierhügel und

Digitized by Google

der n. oculomotorii, wesshalb sich der m. sphincter iridis nicht mehr contrahirt. Zweitens tritt eine neue Action ein, indem der Trieb, mehr zu sehen, auf das nervöse Centralorgan des n. sympathicus cervicalis wirkt, welcher Nerv die Fasern einschliesst, welche zum Pupillenerweiterer hingehen. Dies nervöse Centralorgan liegt aber in dem untersten Hals- und obersten Brustmarke, aus dem die Irisfasern des n. sympathicus cervicalis entspringen. — Wie bei den meisten Trieben ist der bestimmende Grund nicht bekannt, wesshalb ein Trieb auf das zu seiner Befriedigung zweckmässigste Organ wirkt.

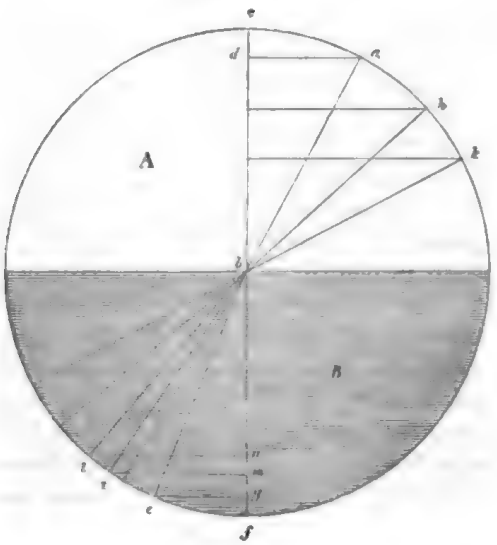
b) Brechende Kraft der Augenmedien.

631. Ausser der Grösse des Einfallswinkels hat zweitens das brechende Medium einen wesentlichen Einfluss auf die Brechung der Lichtstrahlen. So wird z. B. ein Lichtstrahl, der aus Luft in Glas geht, stärker gebrochen, als ein solcher, der aus Luft in Wasser geht.

Brechungsexponent.

632. Die Erfahrung hat gelehrt, dass, wenn Lichtstrahlen von einem Medium, z. B. Luft, in ein anderes, z. B. Wasser, fallen, unter den verschiedensten Einfallswinkeln doch deren sinus in constantem Verhältniss zum sinus der Brechungswinkel steht, was durch beifolgende Figur verständlich wird. — In dem Raume *A* sei Luft, in

Figur 216.



dem Raume *B* Wasser. Der Lichtstrahl *a b* bildet mit dem Einfallslothe *b c* den Einfallswinkel *a b c*. Der sinus dieses Winkels oder des Bogens *a c* (der zu dem um den Mittelpunct *b* und rad. *b c*

Digitized by Google

beschriebenen Kreis gehört) ist ad, hier 16 Millim. lang. Der Strahl ab wird von seiner geraden, durch Puncte angedeuteten, Richtung dem Einfallslothe bf zugelenkt und geht als be im Wasser fort. be bildet mit bf den Brechungswinkel ebf, der sinus desselben oder des dazu gehörigen Bogens ef ist eg, hier 12 Millim. Die Beobachtung hat gelehrt, dass der sinus des Einfallswinkels zum sinus des Brechungswinkels, wenn ein Lichtstrahl aus Luft in Wasser fällt, immer ist = 4 : 3. Wenn daher der sin. des Einfallswinkels hbe 24 Millim. misst, so ist der sin. des Brechungswinkels ibf = im = 18 Millim.; ebenso sin. kbe = 28 Millim. sin. lbf = ln 21 Millim. Man kann also genau den Verlauf bestimmen, welchen ein Strahl nimmt, der aus Luft in Wasser einfällt, wenn man die Länge des sinus des Einfallswinkels gemessen hat. Die Zahl, welche angibt, wieviel der sinus des Einfallswinkels den des Brechungswinkels übertrifft, heisst der Brechungsexponent oder Brechungsindex, er ist also für Wasser = $^4/_3$ = 1,333, für gewöhnliches Glas beinahe $^3/_2$ = 1,5, für Flintglas 1,664. —

633. Der Brechungsexponent [1])

	ist nach Chossat	nach W. Krause im Mittel	nach Helmholtz
für die cornea	= 1,333	1,3507	
die wässrige Feuchtigkeit .	= 1,338	1,3420	1,3365
die äussere Schicht der Linse	= 1,358	1,4053	1,4189
die mittlere Schicht der Linse	= 1,395	1,4294	
den Linsenkern	= 1,420	1,4541	
den Glaskörper	= 1,339	1,3485	1,3382

Nach Senf ist der Brechungsexponent der Ochsenlinse = 1,589.

Brechung durch die cornea.

634. Die erste Brechung findet beim Übergange aus der Luft in die cornea und den humor aqueus Statt. Die Brechung wird durch die wässrige Feuchtigkeit, deren Brechungsvermögen dem der Hornhaut sehr nahe ist, kaum geändert. Nach Helmholtz (p. 60 und 70) kann man an jeder brechenden Fläche eine unendlich dünne Schicht von beliebigem Brechungsvermögen und gleichgekrümmten Flächen einschieben, ohne die Brechung zu verändern. Man denke sich somit vor der Hornhaut eine unendlich dünne Schicht wässriger Feuchtigkeit ausgebreitet, wie sich denn in Wahrheit dort eine ähnliche Schicht (die der Thränen) befindet. Dann können wir die

---

1) Über Untersuchungen zur Bestimmung der Brechungsindices vgl. Chossat in Ann. d. chim. et phys. 1818. VIII, 217. — Brewster in Edinb. Phil. Journ. 1819. — W. Krause, Brechungsindices der durchsichtigen Medien des menschl. Auges. Hannover 1855. — Helmholtz, Physiol. Optik. p. 78.

Digitized by Google

Hornhaut als eine uhrglasförmige Linse betrachten, welche auf beiden Seiten von dem gleichen Medium, der wässrigen Feuchtigkeit, umgeben ist. Eine solche Linse hat eine sehr grosse und unendliche Brennweite, d. h. sie verändert den Gang der Lichtstrahlen nicht merklich. Daraus folgt, dass die Brechung der Lichtstrahlen fast dieselbe sein wird, als wenn die wässrige Feuchtigkeit bis an die vordere Fläche der Hornhaut reichte. Die Brennweite einer solchen Hornhaut wird nach Helmholtz 8,7 Meter sein, eine Grösse, welche wir im Verhältniss zu den Dimensionen des Auges als unendlich gross betrachten können. Dasselbe bestätigte sich diesem Forscher aus Versuchen mit seinem Ophthalmometer, mittelst welchen Instrumentes er die Grösse eines Objectes mass, welches sich hinter einem Glassgefässe mit parallelen Wänden befand. Brachte er in das Wasser eine frische Hornhaut einer menschlichen Leiche, so dass er das Object nur durch die Hornhaut erblickte, so war durch das Ophthalmometer keine Verkleinerung des Bildes zu entdecken. Diese war also so gering, dass die leichte Trübung des Bildes durch die eingeführte Hornhaut hinreichte, sie unwahrnehmbar zu machen (p. 71).

635. Der wichtigste Apparat zur Brechung ist die Linse. Sie ist an ihrer hintern Fläche stärker gekrümmt, als an der vordern. Nach Helmholtz (p. 81) betrug der Krümmungshalbmesser im Scheitel der vordern Fläche bei einer Messung 10,162 mm und der hintern Fläche 5,86 mm. Die Dicke der Linse fand er in zwei Messungen 4,2 mm und 4,314 mm, die Brennweite 45,144 mm und 47,435 mm. Er gibt an, dass bei lebenden Personen die Dicke der Linse um mehr als $^1/_2$ mm kleiner sei, als die kleinsten Werthe an todten Linsen.

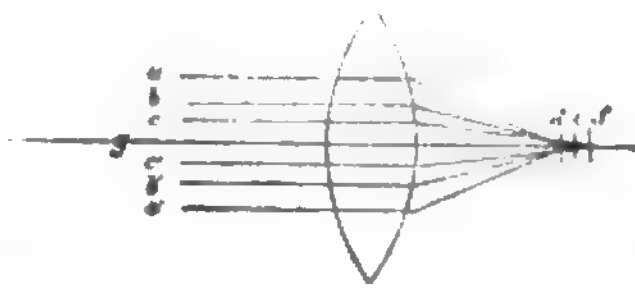
Linsen-schichtung.

636. Sehr wesentlich zur Deutlichkeit des Bildes trägt bei, dass die Linse aus mehren Schichten besteht, deren brechende Eigenschaft verschieden ist, indem dieselbe von Aussen nach Innen zunimmt. Da von den auf die Linse auffallenden Strahlen nur diejenigen, welche in nächster Nähe an dem Axenstrahle liegen, einen gemeinschaftlichen Brennpunct, die andern aber verschiedene, wenn auch wenig entfernte Brennpuncte haben, so musste natürlich dadurch, dass der Kern der Linse eine stärkere Brechkraft hat, dieser Störung abgeholfen werden. Dies geht aus dem Anblick der nachstehenden Figuren hervor. Fig. 217 sei eine Linse, welche in ihrem Centrum gleich grosse brechende Kraft, wie an ihrer Peripherie haben soll. Von den einfallenden parallelen Strahlen $a\,b\,c\,a'\,b'\,c'$ convergiren $a\,a'$ am Meisten, weniger die von $b\,b'$, am Wenigsten die von $c\,c'$. Es entstehen daher drei Brennpuncte $d\,e\,f$: d entspricht den am Weitesten vom Axenstrahle g entfernten $a\,a'$, e den Strahlen

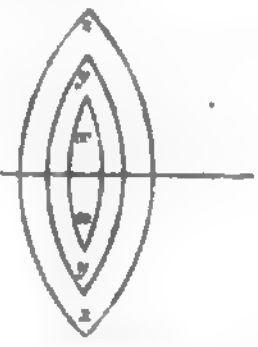
Digitized by Google

bb', f den cc'. Wenn in f die retina ist, werden von den Strahlen, die in d und e schon vereinigt waren, aber wieder auseinander gefahren sind, Zerstreuungskreise entstehen, welche zwar dem Brennpuncte f sehr nahe liegen und theilweise mit ihm verschmelzen, aber

Figur 217.



Figur 218.



doch immer der Deutlichkeit des Bildes Abbruch thun. — In Fig. 218 stelle man sich eine geschichtete Linse vor, deren Kern x eine stärkere brechende Kraft als y, diese eine stärkere als z hat. Wenn nun die Strahlen aa' in der Schicht z wegen der stärkern Krümmung mehr gebrochen würden, als bb' und cc', so wird die spätere Vereinigung dieser durch die stärkere Brechungsfähigkeit der Schichten x und y wieder aufgehoben und ein gemeinschaftlicher Brennpunct entstehen. — Somit dient also die Linsenschichtung dazu, die sphärische Aberration der dem Axenstrahle nähern Strahlen zu corrigiren, wie es die iris durch völlige Abhaltung der eigentlichen Randstrahlen thut.

c) Qualitative Verschiedenheit der Strahlen.

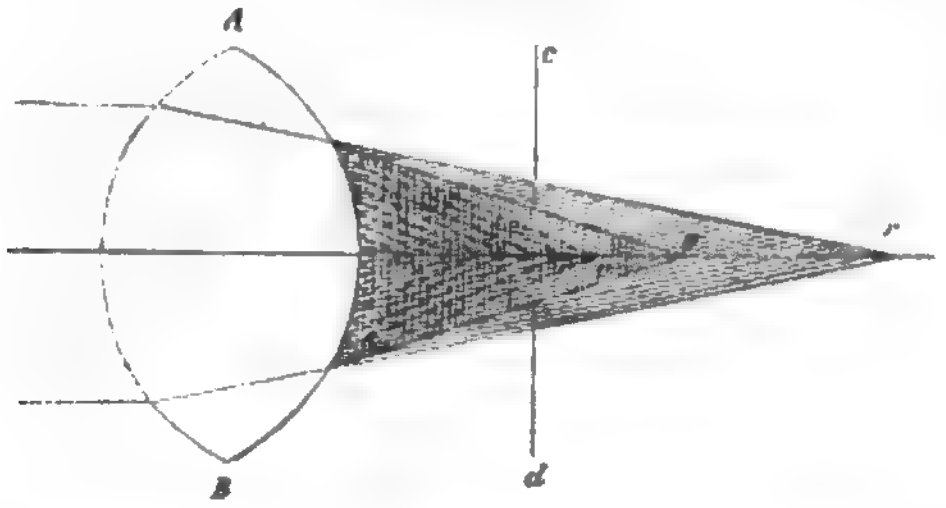
637. Die Brechbarkeit der Strahlen hängt, abgesehen von den beiden eben erörterten Umständen, dem Einfallswinkel und dem brechenden Medium, noch drittens davon ab, dass in einem Strahlenbündel, welches von weissem Lichte ausgeht, Strahlen von verschiedener Natur liegen, von denen einige stärker, andere schwächer gebrochen werden, und daher nach ihrem Durchtreten durch eine Linse früher oder später zur Vereinigung kommen. Diese qualitativ verschiedenen Strahlen scheinen uns gefärbt, d. h., sie machen verschiedene Empfindungen auf unsere Netzhaut. Wenn man durch ein Prisma ein Bündel Sonnenstrahlen durchgehen lässt, so wird dasselbe nicht nur von seiner Stelle abgelenkt (gebrochen), sondern die austretenden Strahlen erscheinen gefärbt. Es entsteht das aus sieben Farben bestehende Spectrum, roth, orange, gelb, grün, blau, indigo, violett. Am Wenigsten abgelenkt ist die rothe Stelle des Spectrum, am Meisten die violette. Die Strahlen des Bündels, welche roth repräsentiren, sind die am Wenigsten brechbaren, umgekehrt die violetten. — Dasselbe Phänomen sieht man an Linsen, welche keine besondere Vorrichtung haben, durch welche verhindert wird, dass sich das Weiss in die verschiedenen Farben auflöst, z. B. an einer mit Wasser gefüllten Flasche, auf welche die Sonne scheint.

Digitized by Google

638. Jeder weisse Lichtstrahl enthält also qualitativ von einander abweichende, gefärbte, verschieden brechbare Strahlen. Ihre Vereinigung stellt den Eindruck des weissen Lichtes wieder her.

639. Lässt man durch eine Linse, Fig. 219, AB, bei welcher die Farbenzerstreuung nicht aufgehoben ist, weisses Licht fallen, so werden die brechbarsten violetten Strahlen, welche punctirt angegeben sind, am Frühesten bei v, später die gelben, welche senkrecht gestreift sind, bei g, am Spätesten die rothen Strahlen bei r zur Vereinigung kommen. Der Einfachheit und Deutlichkeit halber sind nur diese drei Hauptfarben angegeben, man kann sich die übrigen leicht hinzudenken.

Figur 219.



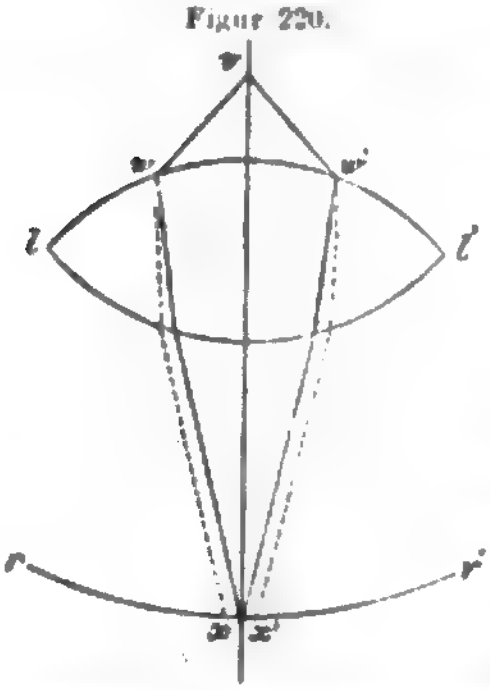
Wird ein Schirm bei $c\,d$ aufgestellt, so erscheint in der Mitte, wo alle Strahlen zusammenkommen, eine helle Stelle, welche einen sehr schmalen gelben und einen breitern rothen Saum hat. Würden wir bei v einen Schirm aufstellen, so würde ein violetter Punct von gelben und rothen Zerstreuungskreisen eingefasst sein; da die bei v vereinigten Strahlen wieder auseinander gehen, so würde bei g gelb in der Mitte von violett und roth begränzt sein, jedoch, ohne dass die Farben geschieden sind, indem die violetten divergiren und die rothen convergiren.

640. Daraus ist auch erklärlich, wesshalb ein violett gefärbter Gegenstand noch deutlich gesehen werden kann, wenn man ihn so nahe vor das Auge hält, dass ein weisser oder rother Gegenstand unbestimmt erscheint. Wenn v in Fig. 220 einen Punct eines violetten Objectes darstellt und der Strahlenkegel $v\,w\,w'$, welcher auf die Linse $l\,l'$ auffällt, so gebrochen wird, dass der Vereinigungspunct gerade auf die retina $r\,r'$ gelangt, so wird der violette Punct v deutlich gesehen werden. Wäre hingegen v ein Punct eines rothen Körpers, so würde die Brechung eine geringere sein und auf die retina würden die rothen (in der Figur punctirten) Strahlen in einem convergirenden conus auffallen und dort statt eines Punctes eine kleine Kreisfläche beleuchten, daher kein deutliches Bild geben. —

Digitized by Google

Ebenso erklärt sich, dass ein in grösserer Ferne vor das Auge gehaltenes rothes Kreuz noch keine Doppeltbilder (s. p. 851) bildet, während ein schwarzes schon doppelt erscheint. — Wenn man eine Mikrometertheilung betrachtet, so wird man bemerken, dass bei gleicher Helligkeit unter Anwendung von rothem Lichte das Auge anders accommodirt zu sein braucht, als unter Anwendung von violettem Lichte.

Figur 220.



Achromasie.

641. Um Linsenbilder zu erzeugen, welche keine gefärbten Ränder haben, oder wie man sagt, achromatisch sind, werden, wie zuerst Dollond angegeben hat, zwei Linsen mit einander zusammengekittet, eine biconvexe Sammellinse von Crownglas und eine concav-convexe Zerstreuungslinse von Flintglas. Das letztere Glas hat die Eigenschaft, die Farben viel stärker zu zerlegen, als das erstere, so dass das Spectrum eines Flintglasprisma beträchtlich grösser ist, als das eines Crownglasprisma; in jenem ist der Raum, den das Violett einnimmt, auch verhältnissmässig grösser, als der Raum, den das Roth einnimmt. — Dadurch wird es möglich, dass die Brennweite für die rothen Strahlen mit der für die violetten zusammenfällt. — Über das Nähere vergl. die Lehrbücher der Physik.

642. Durch das geringe Dispersionsvermögen der brechenden Medien ist das menschliche Auge beinahe achromatisch, wenn ein Gegenstand fixirt wird. Sobald hingegen ein Object nicht in der rechten Sehweite liegt, oder wenn die Pupille halb verdeckt ist, so sieht man Farbensäume.

B. Verlauf der Richtungsstrahlen.

643. Nachdem bis jetzt die Brechungsverhältnisse eines einzelnen Punctes behandelt wurden, soll nun erörtert werden, wie sich die verschiedenen Puncte, welche einen ganzen Gegenstand ausmachen, einer Linse gegenüber verhalten. Unter allen von einem Puncte ausgehenden und auf die Linse fallenden Strahlen ist einer, welcher sich, nachdem er die Linse verlassen hat, parallel zu seinem ursprünglichen Verlaufe weiter bewegt. Ohne Berücksichtigung der Dicke der Linse kann er als ungebrochen angesehen werden. Dieser Strahl verbindet also in fast gerader Linie den beleuchteten oder leuchtenden Objectpunct mit seinem Bildpunct und ist somit die Axe des Kegels aller auffallenden und aller gebrochenen Strahlen. Dieser Strahl heisst Richtungsstrahl.

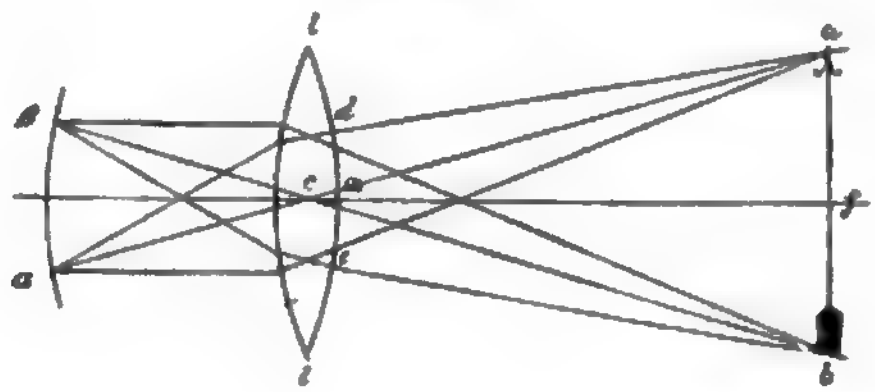
644. Derjenige Punct, durch welchen alle Richtungsstrahlen aller einzelnen Stellen eines Objectes gehen, heisst der optische Mittelpunct einer Linse oder eines Linsensystems. Ist in Fig. 221 *a b*

Digitized by Google

ein Object, *ll* die Linse des Auges und $\alpha\beta$ die retina, so ist $a\alpha$ der Richtungsstrahl des äussersten Punctes *a* und $b\beta$ der Richtungsstrahl des äussersten Punctes *b*. In *c* liegt der optische Mittelpunct. Ist nun in α der Bildpunct von *a* und in β der Bildpunct von *b*, so wird sich voraussichtlich das Bild des ganzen Gegenstandes *ab* von α bis β erstrecken und die Richtungsstrahlen aller Puncte zwischen *a* und *b* werden sich wie $a\alpha$ und $b\beta$ in *c* kreuzen. Somit muss das Bild von *ab* sich umgekehrt auf der Netzhaut in $\alpha\beta$ darstellen.

Wenn das Object *ab* weiter von der Linse *ll* entfernt wird, als die doppelte Brennweite beträgt, so liegt das Bild davon der Linse näher, weil die Brechung der Strahlen stärker ist, s. p. 840; je näher der Linse aber das Bild liegt, desto kleiner ist es. Da nun die Objecte, welche wir sehen, von einer grössern Entfernung kommen, als die doppelte Brennweite der Linse des Auges beträgt, so erscheinen deren Bilder auf der Netzhaut, ausserdem, dass sie verkehrt stehen, auch verkleinert.

Figur 221.



645. Wenn Fig. 221 *ll* eine Glaslinse vorstellt und $\alpha\beta$ ein Object, so wird bei einer so grossen Nähe des Objects und der Linse das Bild von der Linse fortrücken bis nach *ab*, und das durch die Glaslinse entstandene vergrösserte Bild *ab* wird von dem Auge gesehen, sobald man *ab* auf einen Schirm auffallen lässt.

Cardinalpuncte und Gang der Lichtstrahlen.

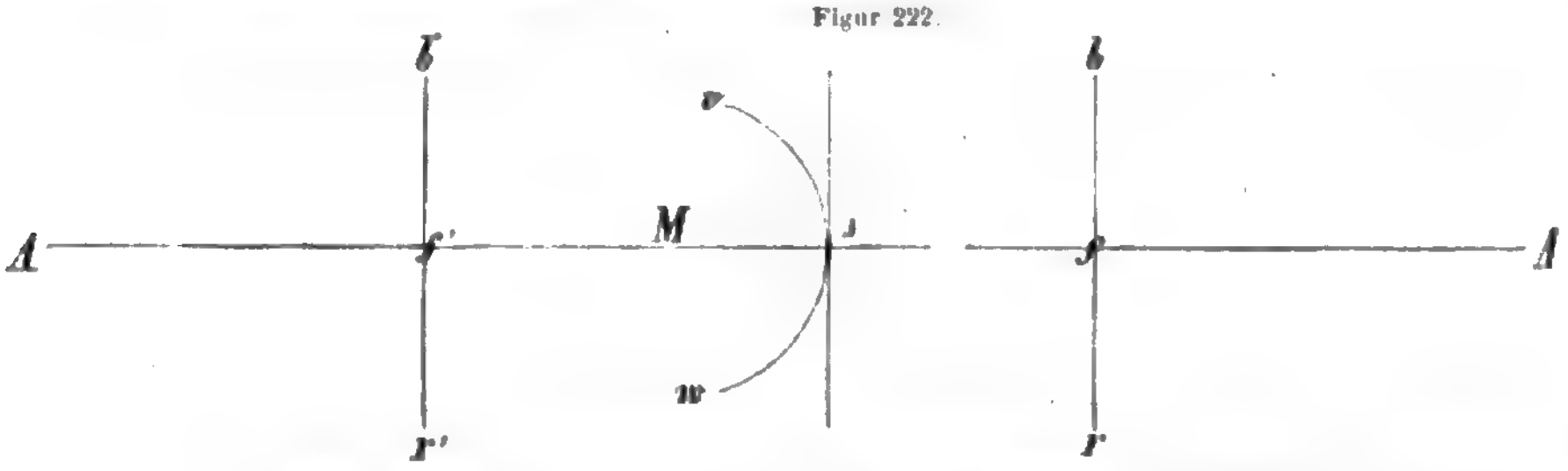
646. Um die Lage und Grösse der optischen Bilder und den Gang eines jeden Lichtstrahles zu bestimmen, hat man gewisse Puncte, welche auf der Strecke zwischen dem Objecte und dem optischen Bilde liegen, angenommen und sie optische Cardinalpuncte genannt. Man unterscheidet drei Paare derselben, die beiden Brennpuncte, die beiden Hauptpuncte, die beiden Knotenpuncte.

Wenn in Figur 207, p. 839 *F* der Objectpunct und zugleich der vor der Linse *AB* liegende erste Brennpunct ist, so werden die Strahlen so gebrochen, dass sie nach ihrem Durchgang parallel mit der Axe liegen, und wenn auch umgekehrt parallele Strahlen einfallen, so werden sie im zweiten, hinter der Linse liegenden Brennpuncte vereinigt. Der erste Brennpunct ist also dadurch be-

Digitized by Google

stimmt, dass jeder Strahl, welcher vor der Brechung durch ihn geht, nach der Brechung parallel mit der Axe wird; der zweite Brennpunct dadurch, dass durch ihn jeder Strahl geht, der vor der Brechung parallel der Axe ist.

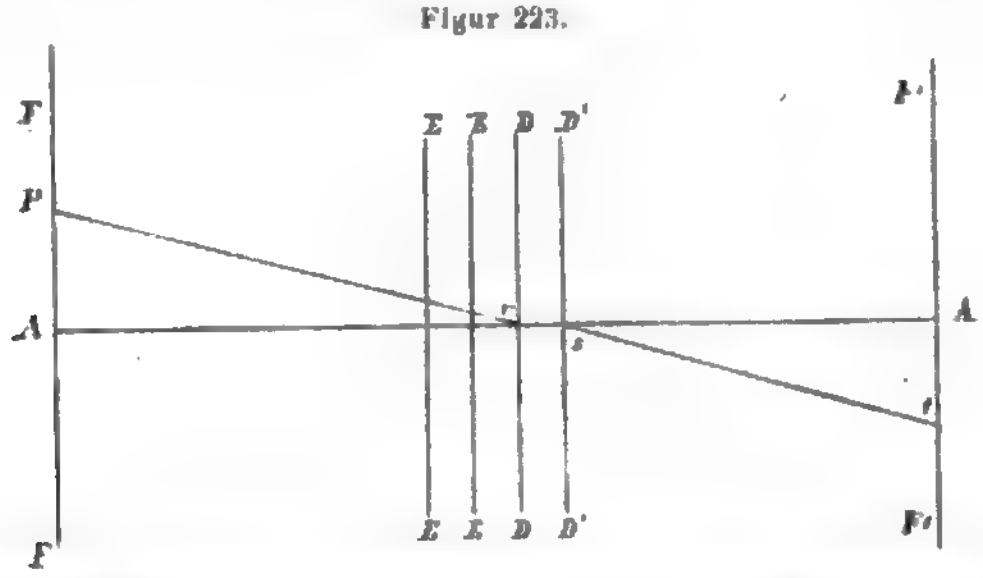
Figur 222.



Zwei durch die Brennpuncte ff' (Fig. 222) zur optischen Axe senkrecht gelegte Ebenen heissen Brennpunct- oder Focalebenen (br $b'r'$). — Die Ebene, welche senkrecht zur optischen Axe AA durch den Scheitel s der brechenden Fläche $v\,w$ geht, heisst die Hauptebene und der Scheitelpunct Hauptpunct. — Der zweite Hauptpunct ist das Bild des ersten, d. h. Strahlen, welche im ersten Mittel durch den ersten Hauptpunct gehen, gehen nach der letzten Brechung durch den zweiten. Die zweite Hauptebene ist das optische Bild der ersten und zwar sind es die einzigen zusammengehörigen Bilder, welche gleich gross und gleich gerichtet sind.

Die Richtungsstrahlen, welche also von den Objectpuncten zu den Bildpuncten hingehen, wie in Fig. 221 $b\beta$ und $a\alpha$ schneiden sich in dem Kreuzungs- oder Knotenpuncte c. Der Kreuzungspunct ist der Krümmungs-Mittelpunct der Trennungsfläche. — Man findet aber, dass die Richtungslinie nicht in einem einzigen Puncte der optischen Axe sich schneiden, sondern dass man zwei solcher Knotenpuncte und also auch zwei Systeme von Richtungslinien annehmen muss. Der

Figur 223.



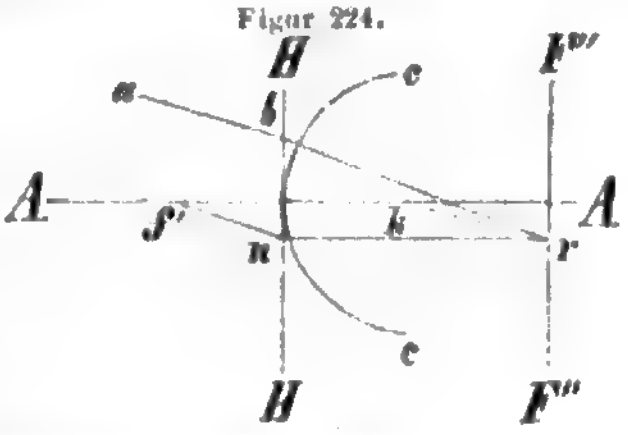
$F\,F$ vordere, $F'\,F'$ hintere Fokalebene, $E\,E\,E'\,E'$ Ebenen der beiden Hauptpuncte, $D\,D\,D'\,D'$ Ebenen der beiden Knotenpuncte.

by Google

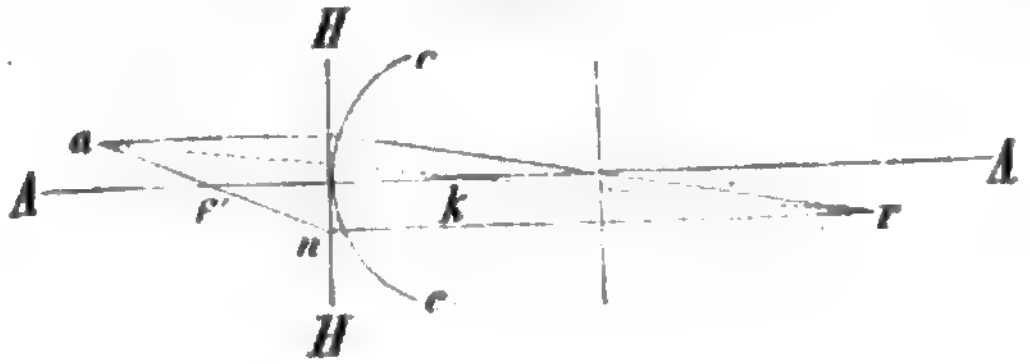
zweite Knotenpunct ist das Bild des ersten. Ein Strahl, der im ersten Medium von *P* nach dem ersten Knotenpuncte *r* gerichtet ist, geht nach der Brechung durch den zweiten Knotenpunkt *s* und die Richtungen des Strahls vor und nach der Brechung *Pr* und *st* sind einander parallel.

Man kann mit Hülfe dieser Cardinalpuncte leicht die Richtung des gebrochenen Strahles und des Bildpunctes finden. — In Fig. 224 ist die Trennungsfläche *c c* ein Kreisabschnitt, dessen Mittelpunct in *k* sich befindet. *k* ist also der Kreuzungspunct, in welchem sich die Richtungslinien schneiden. *f'* sei der vordere oder erste Hauptbrennpunct, *H H* die erste Hauptebene, *a b* der einfallende Strahl. Man zieht nun von *f'* parallel mit *a b* die Grade *f' n*, dann *n r* parallel mit der optischen Axe *A A* bis zur zweiten Fokalebene *F''*. Die Linie *b r* ist der gebrochene Strahl. Oder man zieht parallel mit *a b* vom Kreuzungspuncte *k* bis zur zweiten Fokalebene die Linie *k r* und verbindet *r* mit *b*. Um den Bildpunct zu finden, zieht man Fig. 225 vom Objectpunct *a* durch den vordern Brennpunct *f'* eine Grade, welche die erste Hauptebene *H H* in *n* schneidet. Da dieser Strahl

Figur 224.



Figur 225.



aus dem focus kommt, so geht er nach der Brechung parallel weiter, d. h. in der Richtung *n r* parallel der optischen Axe *A A*. Dann zieht man von *a* durch den Kreuzungspunct *k* eine Grade, wo dieselbe *n r* schneidet, ist der Bildpunct.

Gang der Lichtstrahlen im Auge.

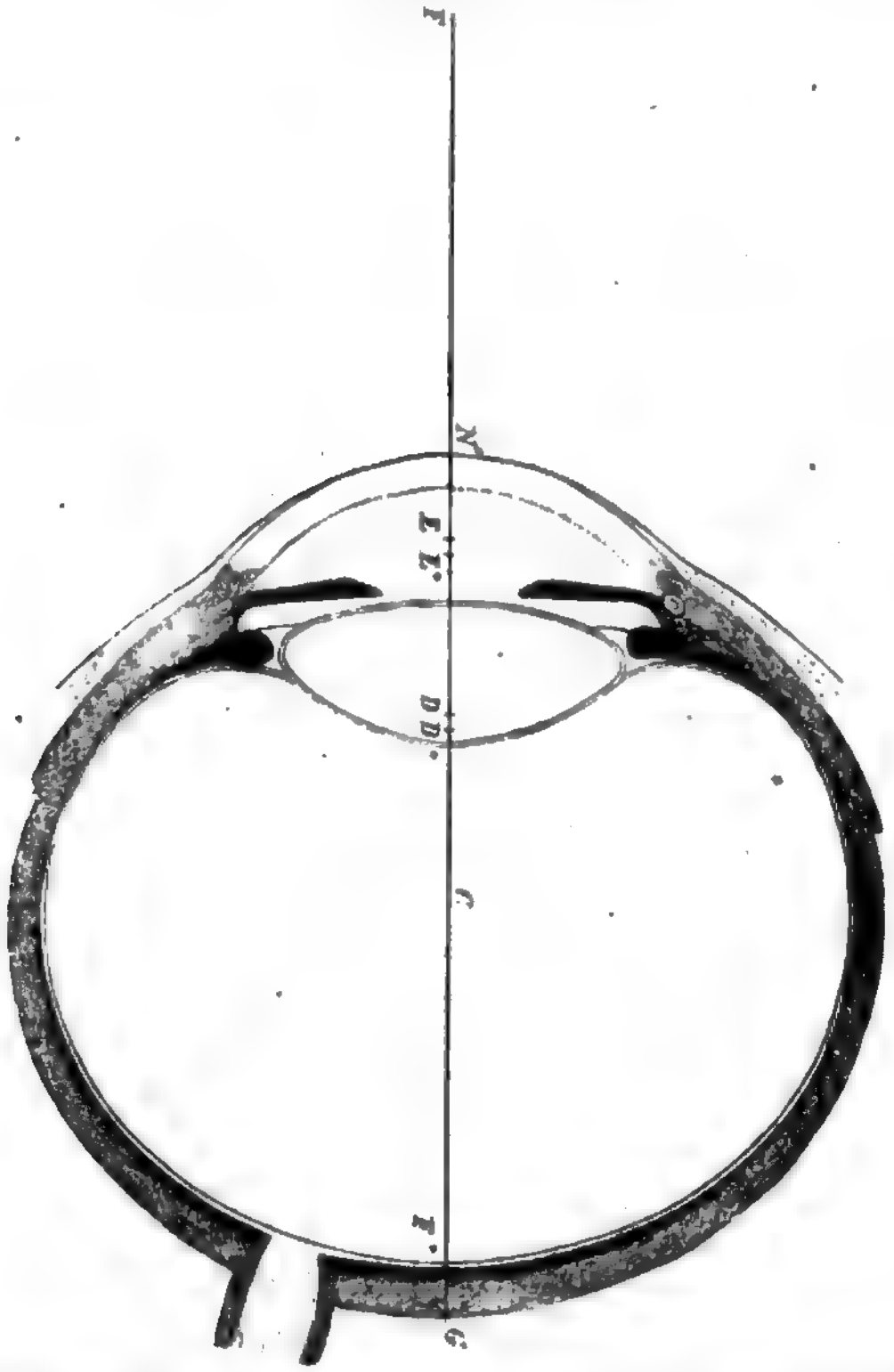
647. Den Gang, welchen die Richtungsstrahlen im Auge nehmen, zu bestimmen, hat erstens desshalb besondere Schwierigkeiten, weil die brechenden Medien im Auge nicht sphärische Begränzungen haben, sondern Abschnitte von Ellipsoiden sind, zweitens, weil drei verschieden brechende Körper vorhanden sind, und endlich drittens, weil die Krümmungshalbmesser bei den einzelnen Individuen von einander abweichen.

648. Zur Vereinfachung hat Listing daher ein ideales, schematisches, oder, wie man es nennt, reducirtes Auge angenommen. Er hat für die in Betracht kommenden Grössen folgende Zahlen angenommen:

Digitized by Google

Brechungsvermögen der Luft = 1, der wässrigen Feuchtigkeit $\frac{103}{77}$, der Krystalllinse $\frac{16}{11}$, des Glaskörpers $\frac{103}{77}$, Krümmungshalbmesser der Hornhaut 8 mm, der vordern Linsenfläche 10 mm, der hintern 6 mm, Entfernung der vordern Hornhaut und vordern Linsenfläche 4 mm, Dicke der Linse 4 mm.

Figur 226.



Schematisches, dreimal vergrössertes Auge nach Listing. *N*° cornea. *F G* optische Axe. *F* vorderer, *F*° hinterer Brennpunct. *E* erster, *E*° zweiter Hauptpunct. *D* erster, *D*° zweiter Knotenpunct.

Der erste Brennpunct	*F*	liegt	12,8326 mm	vor der Hornhaut,
der zweite »	*F'**	»	14,6470 mm	hinter der Hinterfläche der Linse,
der erste Hauptpunct	*E*	»	2,1746 mm	hinter der Vorderfläche der Hornhaut,
der zweite »	*E'**	»	2,5724 mm	
der erste Knotenpunct	*D*	»	0,7580 mm	vor der Hinterfläche der Linse.
der zweite »	*D**	»	0,3602 mm	

Digitized by Google

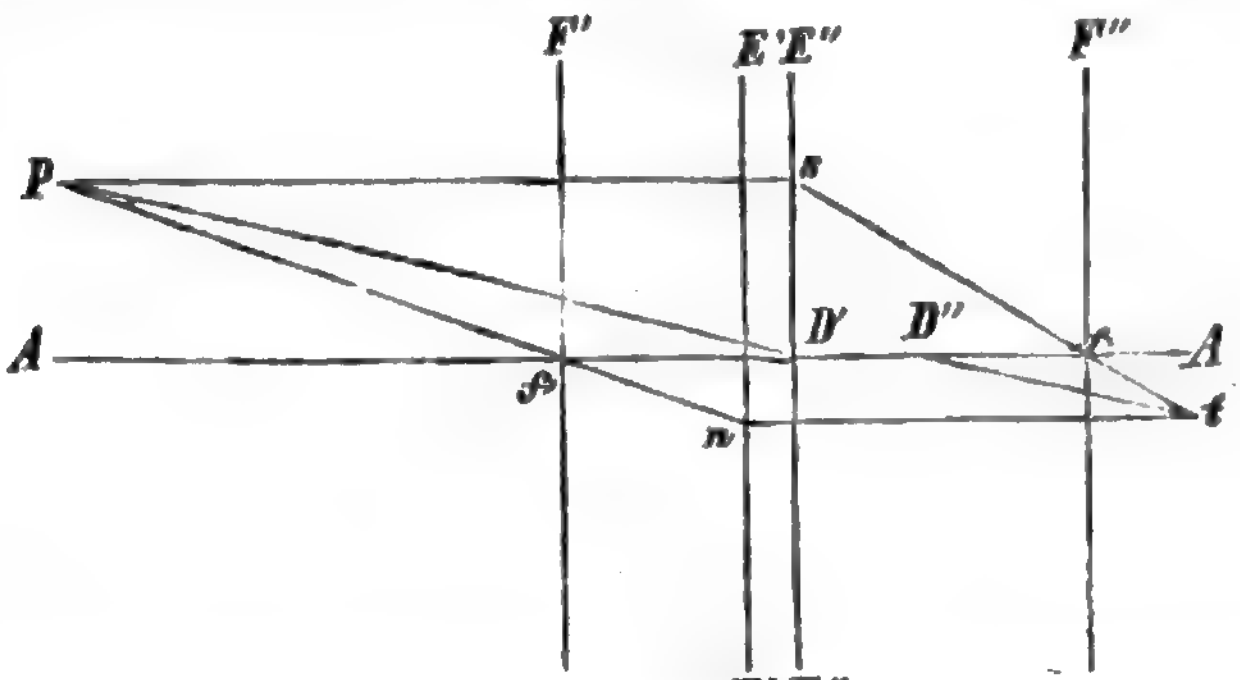
Die erste Hauptbrennweite, d. h. die Entfernung des ersten Brennpunctes vom ersten Hauptpuncte ist = 12,8326 + 2,1746 = 15,0072 mm.;

die zweite Hauptbrennweite, d. h. die Entfernung des zweiten Brennpunctes vom zweiten Hauptpuncte = 20,0746 mm.

Da die beiden Haupt-, und die beiden Knotenpuncte so nahe aneinander liegen, so kann man sie als zusammenfallend ansehen, und nur einen Kreuzungspunct der Richtungsstrahlen annehmen.

649. Zur Construction des Ganges eines Richtungsstrahles in einem zusammengesetzten Systeme verfährt man auf folgende Weise.

Figur 227.



E'E''

Man zieht von dem beleuchteten Objectpuncte *P* Fig. 227 eine Grade durch den vordern Brennpunct *f*, bis dahin, wo sie die erste Hauptebene *E'* in *n* schneidet; der gebrochene Strahl *n t* geht parallel mit der Axe *A A*. Dann zieht man von *P* eine Grade zum ersten Kreuzungspunct *D'*, und vom zweiten Kreuzungspunct *D''* eine Parallele mit *PD*. Da wo diese *n t* schneidet, also in *t* liegt der Bildpunct für den Objectpunct *P*. Oder man ziehe parallel mit *A A* die Linie *PE''* zur zweiten Hauptebene und von *s* eine Grade durch den hintern Brennpunct *f''*, wo die Verlängerung von *s f'' n t* schneidet, d. h. in *t* ist der Bildpunct von *P*.

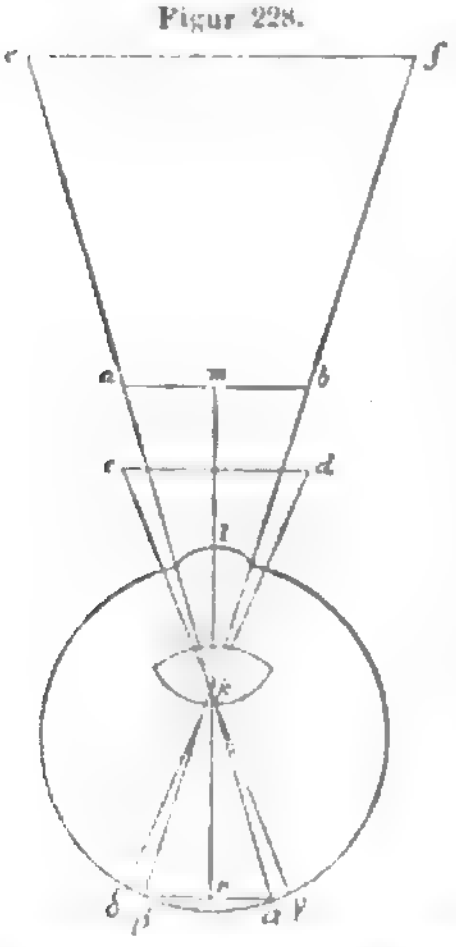
650. In nachfolgender Fig. 228 ist *k* der Kreuzungspunct. Den Winkel zwischen den Richtungsstrahlen, die den äussersten Enden entsprechen, nennt man Gesichtswinkel, angulus visorius (*a k b*, *c k d*, $\alpha \times \beta$, $\gamma \times \delta$). Kreuzungspunct, Gesichtswinkel.

Der Gesichtswinkel entfernter Objecte ist kleiner, als der Gesichtswinkel gleich grosser, näher liegender. So ist Object *a b* = *c d*; aber der Winkel *akb* kleiner als der Winkel *ckd*, und dem entsprechend ist auch das auf der retina erscheinende Bild $\beta\alpha$ von *nb* kleiner, als

Digitized by Google

das Bild $\delta\gamma$ von cd; daher kommt es, dass entfernte Gegenstände klein erscheinen. Hieraus erklärt es sich, wesshalb z. B. die gegenüberstehenden Bäume der Alleen in der Ferne zusammenzukommen scheinen.

Figur 228.



Der Kreuzungspunct der Richtungslinien ist zwar nicht für alle Entfernungen gleich, doch kann man nach den Beobachtungen von Volkmann, Moser u. A. im Allgemeinen annehmen, dass er nahe 9 mm hinter dem vordersten Puncte der Hornhaut, kaum 1,12 mm vor dem hintersten Puncte der Linse, und 15,2 mm vor dem Mittelpuncte der retina liegt.

Der Gesichtswinkel kann bei zwei sehr verschieden grossen, jedoch in ungleicher Entfernung vom Auge befindlichen Objecten, wie ab und ef gleich, und bei gleich grossen, wie ab und cd, verschieden sein.

Grösse des Netzhautbildchens.

651. Um die Grösse des Netzhautbildchens zu bestimmen, dient folgende Berechnung. Der Kürze wegen suchen wir nicht den Umfang des Abschnittes Fig. 228 $\alpha\beta$, sondern nur die Ausdehnung der Sehne $\alpha\beta$, welche das Retinabild des Objectes ab sowohl, als dc darstellt. Die Dreiecke $\alpha k\beta$ und akb sind einander ähnlich, weil alle ihre Winkel gleich sind; denn der Winkel kmb ist als ein rechter $= krx$, der Winkel $rk\alpha = mkb$, weil Winkel akb als Scheitelwinkel $= \alpha k\beta$ ist, und also auch die Hälften beider einander gleich sind; da aber die zwei Winkel der oben genannten Dreiecke einander gleich sind, so muss es auch der dritte Winkel $kbm = k\alpha r$ sein. Auf gleiche Art lässt sich die Gleichheit aller Winkel der Dreiecke mka und $kr\beta$ beweisen. — Wenn also die genannten Dreiecke abk und $\alpha\beta k$ einander ähnlich sind, so verhält sich $mk : ab = kr : \alpha\beta$, also $\alpha\beta = \frac{kr \cdot ab}{mk}$. kr ist aber nahe $= 6'''$ (s. No. 650). ab kann gemessen werden, $mk = ml + lk$; ml kann gleichfalls gemessen werden, und lk ist nahe $= 4'''$. Das Netzhautbild eines Objectes, dessen Breite (ab) $3''$ beträgt, und welches von dem Mittelpuncte der cornea $8''$ entfernt ist (ml), hat also eine Breite $= \frac{6''' \cdot 3''}{8'' + 4'''} = \frac{6''' \cdot 36'''}{100'''} = \frac{216}{100} = 2''',16$.

f) Absorption der Lichtstrahlen.

652. Nach Aussen ist die retina von dem dunkeln Pigmente der chorioidea umgeben, durch welches die durchfallenden Lichtstrahlen absorbirt werden. Fehlt dies Pigment, wie bei Kakerlaken, so wirkt mässig helles Licht schon blendend.

Digitized by Google

653. Für die Beurtheilung der Functionen des Gesichtssinnes ist es wichtig, die folgenden Resultate von Messungen und Beobachtungen am menschlichen Auge zu kennen. Nach Krause ist

g) Die Dimensionen im Auge.

der Durchmesser vom Mittelpuncte der Vorderfläche der Hornhaut bis zum Mittelpuncte der hintern Wölbung des Augapfels oder die äussere Augenaxe . . .	$10''',5-11'''$
die innere Augenaxe der hintern Fläche der Hornhaut bis zur inneren Fläche der retina	$9''',4-10'''$
der Mittelpunct einer Pupille von dem der andern entfernt	$25'''-27'''$
die Hornhaut in der Mitte $^2/_5'''$ dick, am Rande. . .	$^1/_2'''$
die Vorderfläche der Hornhaut breit	$4^2/_3'''-5^1/_4'''$
die Vorderfläche der Hornhaut hoch	$4^1/_5'''-4^4/_5'''$
die Hinterfläche derselben kreisrund, mit einem Durchmesser von	$5'''-5''',5$
die chorioidea hinten dick $^1/_{15}-^1/_{20}'''$, vorn	$^1/_{30}'''$
der Durchmesser der Pupille.	$1'''-2'''$
die retina hinten dick $^1/_{15}-^1/_{12}'''$, vorn	$^1/_{25}'''-^1/_{16}'''$
der innere Umfang des Sehnerven vom hintern Ende der Augenaxe entfernt	$1'''$
der gelbe Fleck der retina breit	$1'''$
die grosse Axe des Glaskörpers	$9^4/_5-10^1/_4'''$
der Mittelpunct der vordern Linsenfläche vom Mittelpuncte der Hinterfläche der Hornhaut entfernt $1'''-1^1/_3'''$ und vom Mittelpuncte der Pupille	$^1/_{10}-^3/_{20}'''$
der Mittelpunct der Hinterfläche der Linse von der plica centralis retinae	$5''',4-6''',3$
die Dicke der Linse von Vorn nach Hinten (Axe der Linse)	$1''',8-2''',4$
der Durchmesser der Linse zwischen den einander gegenüberstehenden Puncten ihres Randes	$4'''-4''',1$

2. Empfindung.

Empfindung. Lichtäther.

654. Um sich die Empfindung des Sehens zu besserer Anschauung zu bringen, muss man die Natur des Lichts beachten. — Nach den neuern Forschungen kann es als ausgemachte Sache gelten, dass die Lichterzeugung von Schwingungen einer durch den ganzen Weltenraum verbreiteten, sehr feinen, unwägbaren Materie: des Äthers, abhänge, ähnlich wie der Schall durch die Schwingungen der wägbaren Materien entsteht. Der Lichtäther ist sowohl in den sonst leeren Räumen enthalten, als wie er auch alle Körpertheilchen durchdringt. So lange er in Ruhe ist, herrscht Finsterniss; indem seine

Digitized by Google

kleinsten Theilchen in Schwingungen gerathen, wird unsere retina durch diese Bewegungen affizirt. Solche Erregungen empfinden wir als Sehen. Dasselbe kommt also dadurch zu Stande, dass wir mittelst der retina die Stösse fühlen, welche durch den vibrirenden Äther hervorgebracht werden.

Die Bewegungen der Äthertheilchen kann man sich versinnlichen, wenn man einen nassen Faden $A\,B$ mit der in gleicher Höhe über dem Boden gehaltenen Hand seitlich, entweder nach Rechts und Links, oder nach Vorn und Hinten hin und her bewegt. Der Faden zeigt wellenförmige Ausbuchtungen und Wölbungen (siehe die punctirte Linie Fig. 229), welche sich von Oben nach Unten fortpflanzen. Jedes Theilchen des Fadens bewegt sich um die mit $A\,B$ angedeutete Ruhelage, von der sie sich entfernt, und der sie sich wieder nähert. Er bleibt auch stets in gleicher Entfernung vom Boden. So macht auch jedes Äthertheilchen Excursionen um seine Ruhelage; und wir können uns in den Puncten der punctirten Linie, Fig. 229, Äthertheilchen vorstellen, deren Ruhelage $A\,B$ ist. Wenn also Licht an einer Stelle entsteht, so gerathen durch diese Lichtquelle die Äthertheilchen in Bewegung, ohne dass sie aber fortschreiten, wie das Licht selbst, d. h. wie die Bewegung fortschreitet. Es sind immer andere und andere Äthertheilchen, welche aus ihrer Ruhelage entfernt werden, um dann wieder in dieselbe zurückzukehren. Die Bahnen, welche die einzelnen Äthertheilchen verfolgen, liegen bei der Lichtbewegung in Ebenen, welche senkrecht gegen die Fortpflanzungsrichtung der Wellen sind. So schreiten auch die Wellen, in welche der Faden $A\,B$ durch die bewegende Hand gebracht wird, senkrecht von A gegen den Boden hin fort und die Theilchen des Fadens beschreiben eine horizontale Bahn. — Die Zeit, welche jedes Äthertheilchen gebraucht, bis es seinen Weg (z. B. von b_0 nach d) einmal zurückgelegt hat, heisst die Schwingungsdauer. — Die Entfernung zweier entsprechender Puncte, z. B. c_0 und c_1 oder b_0 und b_1 nennt man eine Wellenlänge. — Obwohl Licht- und Wasserwellen von einander durch die Art ihrer Molekularbewegung verschieden sind, so kann man doch an den Letztern sich ein Verständniss der Wellenlänge sehr wohl verschaffen.

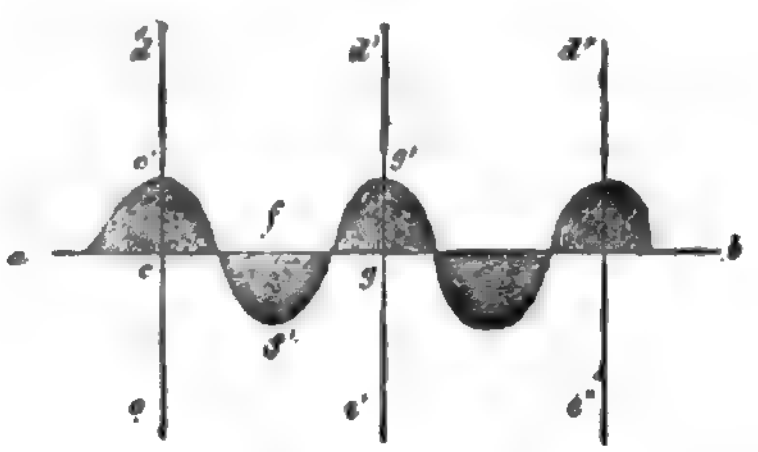
Figur 229.

Die Entfernung von einem Wassertheilchen bis zu einem zweiten, das sich in den gleichen Schwingungszuständen befindet, heisst die Wellenlänge. Während sich z. B. die Wassertheilchen bei c′ Fig. 230 heben,

Digitized by Google

thun die bei g' das Gleiche. Von c' bis g' oder von $d\,e$ bis $d'\,e'$, $d'\,e'$ $d''\,e''$ sind Wellenlängen. Die Wellenlängen sowohl als die Schwingungsgrössen können verschieden sein, wovon man sich leicht überzeugen kann. Je grösser die Entfernung von c nach g, desto grösser die Wellenlänge; je grösser die von c nach c', oder die von g nach g', und von f nach f', d. h. je höher der Wellenberg und je tiefer das Wellenthal, desto grösser die Schwingungsweite oder Vibrationsamplitüde. — Wenn Wasser (oder irgend ein anderer Körper) Wellen bildet, so werden die Wassertheilchen, welche von einer Stelle aus, z. B. von c nach c', gehoben werden, wieder nach c zurückgeführt; sie bilden nicht das Wellenthal f, welches vielmehr von andern Wassertheilchen entsteht. Die Wellenbewegung besteht nicht in einem Fortschreiten der kleinsten Theilchen des bewegten Körpers in der

Figur 230.



Linie $c'\,f'\,g'$, sondern in einer Oscillation derselben um ihre Gleichgewichtslage $a\,b$. Wie wenn der Wind auf einem Felde über die Kornähren weht, diese sich beugen und wieder an ihre Stelle zurückkehren, so auch bei den Wellen; die Bewegung schreitet fort, nicht die sich bewegenden Körper. — Ein Lichtstrahl, der sich von a nach b verbreitet, enthält Äthertheilchen, welche rechtwinklig auf $a\,b$ vibriren. —

In einem Strahle weissen Lichtes sind Wellen von verschiedener Wellenlänge. Bei gewissen Wellen ist die Wellenlänge viel grösser, als bei andern; wo sie am grössten ist, erhält die retina den Eindruck, den man mit dem Namen: Roth bezeichnet; am Kleinsten ist die Wellenlänge bei den violetten Strahlen, und zwischen beiden Extremen liegen die übrigen Regenbogenfarben: orange, gelb, grün, blau, indigo. Wenn Wellen aller verschiedenen Längen zusammenkommen, so erhält die retina den Eindruck von Weiss. — Wie man durch die fühlende Hand, welche auf der Wasserfläche läge, die verschiedenen Wellenlängen, wenn sie unvermischt wären, unterscheiden könnte, wenn aber gleichzeitig Wellen von verschiedener Wellenlänge anschlügen, diese sich im Gefühle zu einem Eindrucke

Digitized by Google

vermischten; so unterscheidet die retina die Farben, d. h. die Ätherwellen von verschiedener Wellenlänge, wenn sie getrennt sind, empfindet sie aber, wenn sie gleichzeitig anschlagen, als weiss.

655. Durch die Untersuchungen über die Interferenz des Lichtes (worüber die Lehrbücher der Physik nachzusehen sind), ist man im Stande gewesen, zu bestimmen, dass in einer Secunde die rothen Strahlen 456, die violetten 667 Billionen Schwingungen oder Wellenbewegungen machen. Die Wellenlänge für rothes Licht ist $= 0{,}0007242''$, für blaues Licht $= 0{,}0006161''$.

656. Wenn die Wellenlänge die Farben ausdrückt, so ist die Oscillationsamplitüde (Wellenberg und Wellenthal) die Intensität des Lichtes, zu dessen Wahrnehmung die retina in gleicher Weise befähigt ist, wie die Hand zur Empfindung der anschlagenden Wasserwelle.

Unsichtbare chemische und Wärmestrahlen.

657. Nicht alle Ätherwellen erregen die retina. Es gibt vielmehr auch sogenannte chemische und Wärmestrahlen. Jene sind solche, welche im spectrum am Weitesten abgelenkt sind, und eine kleinere Wellenlänge haben, als die violetten, an welche sie zunächst gränzen. Auf der andern Seite des spectrum liegen neben den am Wenigsten abgelenkten physiologischen, nämlich den rothen Strahlen, die Wärmestrahlen, welche also eine noch grössere Wellenlänge als die rothen haben. — Das Sonnenlicht enthält alle Strahlen vereinigt. Wenn dasselbe durch ein Prisma zerlegt wird, so liegen an dem einen Ende die Strahlen, welche nur auf das Thermometer, nicht aber auf die retina wirken, nämlich die Wärmestrahlen, dann folgen die physiologischen Strahlen: roth, orange, gelb, grün, blau, violett, dann diejenigen, welche auf gewisse chemische Substanzen (Silbersalze, schwefelsaures Chinin, Guajaktinctur etc.) wirken, nicht aber bei gewöhnlicher Lichtintensität auf die retina oder auf das Thermometer: die sog. chemischen Strahlen. Man kann jedoch bei sehr intensivem Lichte nach Helmholtz auf dem spectrum den Raum der violetten Strahlen beträchtlich vermehren und sog. ultraviolette mit dem Auge erkennen, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen erst dann sichtbar werden, wenn ihre Brechbarkeit durch gewisse Mittel vermindert wird. Eines der besten dieser Mittel ist eine Lösung von schwefelsaurem Chinin, welches bei auffallendem Lichte an seiner Oberfläche schön himmelblau sich färbt (Fluorescenz). Die ultravioletten Strahlen werden auch sichtbar, wenn man das Sonnenlicht, welches durch ein Prisma zerstreut worden ist, auf einem Schirme auffängt, welcher mit einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Chinin bestrichen ist. Wenn man zwischen Prisma und Schirm in einem Glastrog noch einmal eine Lösung von schwefelsaurem Chinin bringt, so fehlen auf dem Schirme die ultravioletten Strahlen, welche gewissermassen von der vordern Chininlösung absorbirt sind. Um nun zu sehen, ob nicht auch die

Digitized by Google

Augenmedien, cornea, humor aqueus, Linse, Glaskörper gleichfalls die sog. unsichtbaren Strahlen vollständig absorbiren, und dadurch eben unsichtbar werden, wie Brücke [1]) annahm, stellte Donders [2]) vor den Schirm Glaströge mit den Augenflüssigkeiten, wodurch jedoch die ultravioletten Strahlen auf dem mit schwefelsaurem Chinin imprägnirten Schirm nicht unsichtbar wurden. —

Wirkung der Augenmedien auf die chemischen Strahlen.

658. Brücke fand indess, dass die chemischen Strahlen eine Veränderung erleiden, wenn sie durch die Augenmedien gegangen sind, indem sie alsdann nicht mehr auf die Silbersalze des empfindlichen, photographischen Papiers wirken; und dass auch die Wärmestrahlen nach diesem Durchgange die Thermosäule nicht afiziren. — Derselbe Forscher fand, dass Guajaktinctur, welche durch die chemischen Strahlen gebläut wird, diese Eigenschaft zu einem guten Theil verliert, wenn das Sonnenlicht zuvor durch die Augenmedien gegangen ist. — Da nun durch Setschenow [3]) und Regnault [4]) die Fluorescenz der Augenmedien bestimmt erwiesen ist, so geht aus allen Untersuchungen hervor, dass die Augenmedien zwar die chemischen Strahlen zum Theil absorbiren, dass aber die Ursache, weshalb wir die ultravioletten Strahlen gewöhnlich nicht sehen, hauptsächlich in der Unempfindlichkeit der Netzhaut zu suchen sei, die zu stark, und eben so auch die zu schwach gebrochenen Strahlen zu percipiren. — Die ultravioletten Strahlen rühren auch nicht von der Fluorescenz der Netzhaut her, weil die Farbe, in der sie fluorescirt, nicht der ultravioletten gleich ist.

Übersicht.

659. Im Folgenden werden

I. der erregungsfähige Apparat,
II. die Ursachen der Erregung,
III. die Dauer der Erregung

untersucht.

I. Der erregungsfähige Apparat.

I. Empfindender Apparat.

660. Das lichtempfindende Organ ist die Nerven- (Netz-) Haut, retina. Obwohl sie nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$''' dick ist, enthält sie doch mehre Schichten. 1) Die zunächst an die chorioidea stossende Schicht *i* (Fig. 231), stratum bacillosum (die frühere membrana Jacobi), besteht aus den sogenannten Stäbchen und Zapfen. Jene sind kleine, durch Wasser und die meisten Reagentien leicht ihre Form verän-

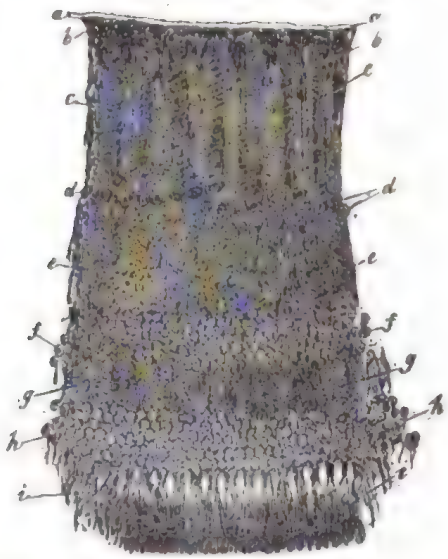
1) Brücke in Müller's Arch. 1845. p. 262, und 1846. p. 379.
2) Donders, ebend. 1853. p. 459.
3) Setschenow in Arch. für Ophthalmol. 1859. V, p. 205.
4) Regnault in Journ. de phys. 1859. p. 343.

Digitized by Google

dernde Cylinder ($^1/_{66} - {}^1/_{133}$‴ lang), welche nach H. Müller und Kölliker an dem Ende, welches an die chorioidea stösst, quer abgeschnitten erscheinen, an dem andern Ende hingegen mit einem sehr zarten und feinen Faden (Müllersche Fasern genannt) verbunden sind. [1]) Die Zapfen sind dicker, als die Stäbchen, spitzen sich nach Aussen mehr zu, gehen aber nach Innen in einen zellenartigen kernhaltigen Körper (Zapfenkorn) aus. — Beide stehen senkrecht zur

Fig. 231.

250



Durchschnitt durch eine in Chromsäure erhärtete retina vom Hammel.

aa membrana limitans. *bb* Müller'sche Fasern. *cc* opticus-Fasern. *dd* Ganglienzellen. *ee* Feinkörnige graue Lage. *ff* Innere Körnerlage. *gg* Zwischenkörnerlage. *hh* Äussere Körnerlage. *ii* Stäbchen- und Zapfenschicht.

Fläche der Netzhaut. — An dem gelben Fleck sind nur Zapfen, und keine Stäbchen (Henle). Sie haben nach M. Schultze (Funke's

1) Dieser Faden ist zuerst von Valentin, dessen Repertor. 1837, p. 249. dann von Lersch, De retin. struct. Vratisl. 1840, beobachtet, von H. Müller ausführlicher untersucht worden in Zeitschrift für wiss. Zoologie. 1851. III, 234. Kölliker, Würzburger Verh. 1852. p. 316. — Nach den neuesten Untersuchungen von M. Schultze sind die Müller'schen Fasern Bindegewebselemente und haben gar Nichts mit den Nervenfasern zu thun, gehören vielmehr einem Bindegewebsnetze an, in welchem die retina-Elemente eingebettet sind, und welches in die membrana limitans sich ausbreitet. M. Schultze, De retin. struct. Bonn 1859.

Digitized by Google

Phys. II, 314) einen Querdurchmesser von nur 0,001 — 0,0012‴ in der Gegend der Anschwellung, nach Kölliker und Müller von 0,002‴. Durch die Untersuchungen von H. Müller und M. Schultze ist nachgewiesen, dass die Stäbchen mit den Fasern des n. opticus direct communiciren. — Zunächst nach Innen zu folgt 2) eine aus Körnern ($^1/_{250}$ — $^1/_{500}$‴) bestehende Lage, stratum granulosum, welche jedoch durch eine Zwischenschicht *g g* in eine äussere *h h*, der vorigen angränzende, und eine innere *f f* sich abscheiden lässt. Sie besteht aus kernhaltigen Zellen, und mit den Körnern stehen Fäden in Verbindung, s. u.; dann 3) eine Lage von Ganglienkugeln mit Anhängen, ganz so aussehend, wie in den Nervencentris *d d*. Auch sie zerfällt in eine äussere, welche eine feinkörnige Masse (stratum moleculare Vintschgau) enthält *e e*, und durch welche (nach Müller und Kölliker) die Müller'schen Fasern durchgehen, und als Streifen erscheinen sollen, und eine innere Lage *d d*, welche die Ganglienzellen enthält, die nach Corti mit Fortsetzungen (Nervenfasern) versehen sind, und mit den Fasern des n. opticus, sowie auch mit den Müller'schen Fasern direct communiciren sollen. — Diese ganze Schicht wird von einigen Beobachtern (Blessig, Lehmann) gar nicht für eine Ganglienschicht gehalten, vielmehr sahen dieselben nur eigenthümliche Körner, keine Zellen in derselben. Noch weiter nach Innen gegen die hyaloidea liegt 4) die Schicht der Fasern des n. opticus *c c*. Dieser Nerv hat am Eintritte in die retina (colliculus) $^3/_4$ bis $^4/_5$‴. im Durchmesser, besteht hier bloss aus sehr feinen centralen Primitivfasern ohne Scheide, nach Schultze blossen Axencylindern. Sie hängen mit den Fortsätzen der Ganglienzellen zusammen, und dadurch auch mit den Stäbchen. Diese Schicht verbreitet sich in Bündeln nach allen Seiten. Gegen die ora serrata hin verlieren sich dieselben allmählich. Man hat die Enden der opticus-Fasern nicht zu entdecken vermocht. Es ist auch höchst wahrscheinlich, dass dieselben nicht frei enden, sondern dass sie sämmtlich mit den Fasern zusammenhängen, welche die Ausläufer der Ganglienkugelschicht ausmachen. — Zunächst an der hyaloidea liegt 5) die zarte, structurlose membrana limitans *a a*.

Nach den Untersuchungen von H. Müller und Kölliker gehen aus der Körnerschicht der retina Fasern hervor, welche mit den Müller'schen Fasern der Stäbchen ein in die Schicht der Nervenfasern und Ganglien eingehendes Netz von radiären Fasern bilden; während nach M. Schultze (s. p. 872 Anmerk.) die Müller'schen Fasern nur Bindegewebselemente sind. Man hat sich den Bau der retina wahrscheinlich so vorzustellen, dass dieselbe ein aus Bindegewebe bestehendes stroma enthält, dessen wesentliche Grundlage ein grosser Theil der radiären oder Müller'schen Fasern bildet, welche

Digitized by Google

sich baumartig verbreiten, und zuletzt in der membrana limitans endigen. Diese radiären Fasern hängen mit der Körner-, sowie mit der Ganglienkugelschicht zusammen und haben wahrscheinlich Antheil an der Bildung aller Schichten. Von den Stäbchen und Zapfen gehen Nervenfasern aus, welche durch die Körnerschicht hindurchtreten, dann sich mit den Ganglienzellen verbinden, und von da aus die Lage der Opticusfasern erreichen.

661. Im Mittelpuncte der menschlichen retina entsteht bald nach der Geburt der gelbe Fleck, macula lutea, umgeben von einer Falte, plica centralis, welche jedoch erst nach dem Tode sich bildet. In der Mitte des gelben Fleckes findet sich eine sehr verdünnte Stelle, die fovea centralis. Diese Stelle wurde am Genauesten von Bergmann studirt, dessen Präparate ich zu sehen Gelegenheit hatte, und die so überzeugend sind, dass kein Zweifel obwalten kann. An dieser Stelle ist die retina bis auf 0,03‴ verdünnt. Um dieselbe laufen im Bogen die Nervenbündel, und bilden zwei Wülste. Auch die Ganglienkugelschicht fehlt an dieser Stelle durchaus. [1])

662. Am gelben Flecke hat die retina die schärfste Empfindung, und in demselben wiederum am Meisten die fovea centralis. Die Stelle des deutlichsten Sehens ist aber nach Helmholtz (l. c. p. 70) nicht das hintere Ende der Augenaxe, weil mit dieser nicht der gelbe Fleck zusammenfällt. Er nennt denjenigen Richtungsstrahl, welcher die Stelle des deutlichsten Sehens trifft, Gesichtslinie. Vor dem Auge liegt die letztere nach Innen und meist etwas nach Oben, von der Augenaxe, die Netzhautgrube also nach Aussen und meist etwas nach Unten von der Axe. Der vordere Theil der Gesichtslinie geht vom fixirten Puncte des Gesichtsfeldes in der Richtung des ersten Knotenpunctes, der hintere grade Theil von dem zweiten Knotenpuncte nach der Netzhautgrube. Wenn man einen grossen Quadranten auf einen Pappdeckel malt, auf die einzelnen Zahlen Stecknadeln steckt und den Quadranten in der passenden Entfernung so vor das Auge hält, dass die Linie, an welcher 90 steht, die Fortsetzung der Augenaxe darstellt, so erkennt man die Stecknadel hier und ungefähr

1) Über den Bau der retina sind zu vergl. ausser den angeführten Werken: Henle, Allgemeine Anatomie, p. 385, 661, 783, hier findet sich auch die Literatur bis 1841. — Kölliker, Mikroskopische Anatomie und Gewebelehre. — H. Müller, l. c. — Corti, Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie. 1854. V, 87. — Hannover, ebend. p. 17. — Bergmann in Zeitschrift für rat. Med. N. F. V, 245. — Henle, ebend. II, 305. — Krause, ebend. VI, 105. — Vintschgau in Wiener Sitzungsberichte. Dezember. 1853. — Remak in Med. Centralz. 1854. p. 1, und Deutsche Klinik. 1854. No. 16. — Blessig und Lehmann, Dorpater Dissert. 1857.

Digitized by Google

3° jederseits entfernt ganz deutlich und genau in allen den Theilen, welche mit Aufmerksamkeit betrachtet werden. Noch deutlich, aber bei weitem nicht mehr so, als in den eben genannten Gränzen, sieht man die Stecknadeln bis jederseits etwa 6° von 90 entfernt. — Durch Berechnung findet man aber, dass den letztern Kreisabschnitten eine Ausdehnung auf der retina entspricht, welche jederseits $^1/_2$‴ von der Axe entfernt ist, und dieses stimmt mit der Ausdehnung des gelben Fleckes; ebenso entspricht das genaueste Sehen der Ausdehnung der fovea centralis (Valentin).

663. Die Stecknadeln, welche auf den Zahlen 35 bis 45, oder andererseits 140 bis 130 stehen, werden kaum oder gar nicht mehr gesehen, wenn man 90 fixirt; so dass der Theil der retina, welcher ungefähr 4‴ jederseits von der Axe entfernt ist, kaum mehr zur Empfindung geeignet ist (Valentin und nach eigner Beobachtung). Je weiter entfernt von der Mitte der retina das Bild ist, desto grösser werden auch die Zerstreuungskreise, so dass also auch hierin zum Theil die Undeutlichkeit des Bildes an den peripherischen Theilen der Netzhaut begründet ist.

664. Um einen Gegenstand genau sehen zu können, wird der Augapfel vermittelst seiner Muskeln so gestellt, dass ein Punct des Objectes nach dem andern der Mitte der retina genau gegenüber, also in der Richtung der Augenaxe liegt, d. i. fixirt wird.

665. Im gelben Flecke, d. h. also an der Stelle, an welcher am Deutlichsten gesehen wird, sind nur Zapfen, hingegen keine Nervenfasern. Hieraus geht hervor, dass die Zapfen zur Empfindung des Lichtes vorzüglich geeignet sind.

666. Hingegen ist es ausgemacht, dass die Fasern des n. opticus selbst von den Lichtwellen gar nicht affizirt werden. Dies wird durch folgende Thatsachen erwiesen. Wenn man intensives Licht auf die blossgelegten n. optici bei Thieren fallen lässt, so erfolgt keine Verengerung der Pupillen, so lange das Auge beschattet ist; sobald man aber bei demselben Thiere, bei welchem die n. optici erregungslos gegen das Licht sich eben gezeigt hatten, Licht durch die Pupille auf die retina fallen lässt, so verengt sich jene sogleich. Hievon kann man sich am Leichtesten bei Vögeln überzeugen, bei denen die Gehirnlappen weggenommen worden sind, ohne Verletzung der corp. quadrigemina.

667. Noch bestimmter beweist dieselbe Folgerung der Versuch von Mariotte.[1]) — Schliesst man das linke Auge, und fixirt in

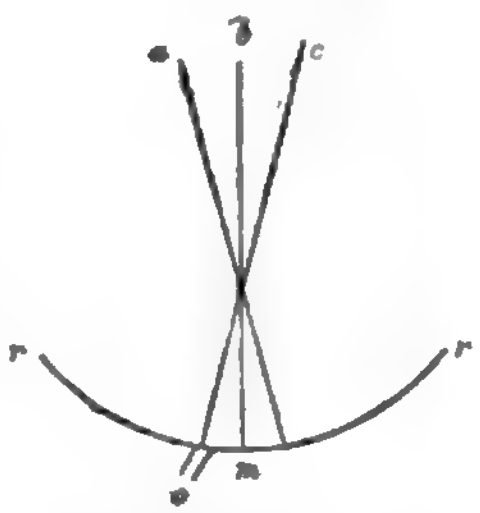
1) Mariotte in Mém. de l'acad. de Par. 1669 u. 1682. — Philos. Transact. II, 668.

Digitized by Google

Fig. 232 bei einer Entfernung von ungefähr 16 bis 32 Centim. (6 bis 12″) (welche Entfernung bei verschiedenen Augen verschieden ist) scharf den Punct *b*, so verschwindet der von *b* rechts stehende Punct *c*, während *a* noch gesehen wird; schliesst man das rechte Auge, so verschwindet *a* und *c* wird noch gesehen. — Die Stelle auf der retina, welcher in dem einen oder andern Falle *c* oder *a* entspricht, hat keine Gesichtsempfindung, man nennt sie die blinde Stelle, den blinden Fleck. — In Fig. 233 sei *m* der Mittelpunct der retina *rr* des rechten Auges, *o* der Eintritt des n. opticus, vom Mittelpuncte 2¼ Millim. entfernt. Angenommen, *c* sei in der rechten Sehweite vom Auge gelegen, so wird es grade auf die Eintrittsstelle des n. opticus fallen. Dass aber wirklich Licht bis auf den Sehnerven fällt, lässt sich durch den Augenspiegel nachweisen. Mit demselben erkennt man häufig noch Windungen der Centralgefässe innerhalb des Sehnerven, die ganz von der Nervenmasse überdeckt sind. Dies ist aber nicht möglich, wenn nicht Licht zu ihnen hindringt und von ihnen wieder zum Auge des Beobachters gelangt (Helmholtz, Optik. p. 209.)

Figur 232.

Figur 233.



668. Da auf dem in die retina eintretenden n. opticus die a. und v. centralis verlaufen, so dachte man früher daran, dass die blinde Stelle nur da sei, wo die Gefässe liegen, also Nervenfasern fehlen, was aber durchaus unrichtig ist. Donders [1]) warf das Licht einer kleinen Flamme in das Auge eines Menschen, und liess letzteres so wenden, dass das Flammenbildchen auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fiel. Der Beobachtete hatte nicht eher Lichtempfindung, als bis das Bildchen eine Stelle erreichte, welche ausserhalb der Gränze des Sehnerven lag. — Coccius [2]) hat am eigenen Auge dasselbe beobachtet. Wären die Fasern des n. opticus die wesentlich lichtempfindenden Theile, so hätte bei diesem Versuch die Lichtempfindung grade sehr verbreitet und stark sein müssen.

669. Da man nach Nr. 651 die Grösse des Retinabildes berechnen kann, so kann man die Puncte *a b c* (Fig. 232) immer grösser machen und man wird beispielsweise finden, dass ein Punct (*a* für

1) Donders, Onderzoek. gedaan in het Physiol. Labor. VI, 134.

2) Coccius, Über Glaucom, Entzündung und die Autopsie mit dem Augenspiegel. Leipzig 1859.

Digitized by Google

das linke, *c* für das rechte Auge) noch verschwindet, wenn sein Durchmesser 9 Millim. beträgt. Da aber in diesem Falle das Retinabild schon einen grössern Durchmesser hat, als der der Centralgefässe ist, so muss die blinde Stelle einen grössern Raum einnehmen, d. h. auch die Nervenfasern müssen noch unempfindlich sein. — Auf den Durchmesser des blinden Flecks würden 11 Vollmonde neben einander Platz haben und ein 6 bis 7′ entferntes menschliches Gesicht verschwinden. [1])

670. Um die Form und die scheinbare Grösse des blinden Flecks im Gesichtsfelde zu bestimmen, verfährt man nach Hannover [2]) und Helmholtz [3]) in folgender Weise: Man gebe dem Auge 8 bis 12 Zoll über einer weissen Papierfläche einen festen Standpunct, und zeichne zuerst auf das Papier ein Kreuzchen als Fixationspunct für das Auge. Dann führe man die in Tinte getauchte Spitze einer weissen oder mindestens hell gefärbten Feder auf dem Papiere in die Projection des blinden Flecks hinein, so dass die schwarze Spitze verschwindet, und schiebe sie dann von dessen Mittelpuncte aus nach einander in den verschiedenen Richtungen gegen die Peripherie des Flecks vor und zeichne die Gränze auf, wo sie anfängt sichtbar zu werden. Die Gestalt des Flecks ist eine unregelmässige Ellipse, an der Huek und Helmholtz die Anfänge der stärkern Gefässstämme erkennen konnten, welche austreten.

671. An der Stelle des blinden Flecks hat man die Empfindung, als verbreite sich die Nachbarfläche des Bildes über dieselbe hinweg. Wenn man auf schwarzem Grunde einen weissen Punct auf den blinden Fleck bringt, so sieht man eine fortlaufende schwarze Fläche, ebenso im umgekehrten Falle eine ununterbrochene weisse Fläche, wenn ein schwarzer Punct auf weissem Grunde steht. Wenn eine in der Mitte unterbrochene Linie so dem Auge entgegen gestellt wird, dass die Unterbrechung grade auf die blinde Stelle fällt, so sieht man nach Volkmann [4]) eine vollständige, ununterbrochene Linie. — Es ist zu beachten, dass die Fasern, welche den Sehnerven bei seinem Eintritte in die Netzhaut bilden, die Enden derselben Fasern sind, welche an ihrem andern peripherischen Ende mit den Zapfen und Stäbchen direkt oder indirekt in Verbindung stehen. Die Stäbchen und Zapfen, nicht die Opticusfasern, werden vom Lichte affizirt, und erregen dann wieder die Nervenenden des opticus, in welchen

---

1) Vgl. E. H. Weber in Ber. der sächs. Ges. 1853. — Fick u. P. Dubois-Reymond in Müller's Arch. 1853. p. 396.

2) Hannover, Beitrag zur An. Phys. und Path. des Auges. Leipzig 1852.

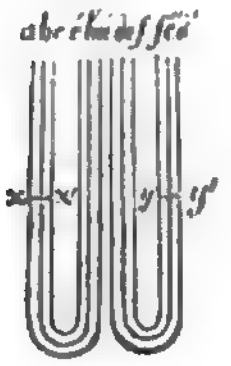
3) Helmholtz, Phys. Optik. p. 211.

4) Volkmann in Ber. der sächs. Ges. 1853. p. 27.

Digitized by Google

eine gewisse Veränderung entsteht, welche sich dem Centrum, dem Gehirne, mittheilt, und die entsprechenden Empfindungen veranlasst. Wären die Opticusfasern direkt für Licht erregbar, so würde ein Bild, welches auf irgend einen Theil der retina, und auch auf eine Stelle des colliculus nervi optici fiele, dieselben Nervenfasern an zwei Orten erregen, wodurch wahrscheinlich die Empfindung beeinträchtigt werden würde. Nun ist aber der n. opticus selbst unempfindlich für Ätherwellen; wenn Licht auf ihn selbst fällt, wird er nicht davon affizirt. Er überbringt dem sensorium, was ihm an seinem peripherischen, mit den Zapfen und Stäbchen in Communikation stehenden Ende mitgetheilt worden ist. Es kann daher auch nicht eine Lücke im Gesichtsfelde entstehen, sondern man muss nothwendig anstatt des auf dem Sehnerven stehenden Bildes den Grund der Nachbartläche zu sehen vermeinen. Die ganz schematische Fig. 234 kann dies veranschaulichen. Mit *a b c d' e' f'* sollen sechs Fasern der Netzhaut angedeutet sein, welche mit Stäbchen und Zapfen in Communication stehen, also mittelbar durch das Licht affizirt, und daher in molekulare Bewegung versetzt worden sind. *c' b' a' d e f* seien sechs Fasern im colliculus nervi optici und Fortsetzungen der andern. Ihnen theilt sich die in den Fasern *a b c d' e' f'* entstandene molekulare Bewegung mit. Wenn also in dem Raume x x' und y y' die Zapfen und Stäbchen, sodann in Folge davon die Fasern *a b c* und *d' e' f'* erregt worden sind, so sind es auch die Fasern *a' b' c' d e f* und das Gehirn wird einen Eindruck erhalten, als ob eine ununterbrochene Erregung von x x' und y y' Statt gefunden hätte. So wird es sich auch mit der benachbarten Grundfläche verhalten. — Ich glaube, dass diese von mir gegebene Erklärung vor der von Volkmann und Weber gegebenen den Vorzug verdient. Nach dieser nämlich ergänzen die Vorstellungen das Bild, und füllen gewissermassen die Lücken aus.

Figur 234.



Die empfindenden Theile.

672. Wenn es also erwiesen ist, dass der Stamm des Sehnerven, wo er in die retina eintritt, für Lichtwellen unempfänglich ist, so lässt sich mindestens als höchst wahrscheinlich folgern, dass auch die weiter in der retina verlaufenden Fasern dieser Fähigkeit entbehren.

Von vorn herein entspricht es der Auffassung viel mehr, punctförmige Organe in der lichtempfindenden Fläche zu erwarten, als linienförmige. Wir nehmen ein Objectbild dadurch wahr, dass wir alle Puncte desselben unterscheiden, und darauf beruht grade die

Digitized by Google

Schärfe des Sehens. Besteht aber der empfindende Theil aus Linien, so ist es wahrscheinlich, dass auf einer und derselben Linie hinter einander mehrere verschiedene Eindrücke entstehen, deren Wirkungen im sensorium sich vermischen, und undeutlich werden. Es befinden sich auch grade an der Stelle des schärfsten Sehens, in der fovea centralis, nur Zapfen.

673. H. Müller [1]) hat noch auf einem andern Wege darzuthun gesucht, dass der Theil der retina Licht empfindet, welcher hinter der Ausbreitung der Fasern des n. opticus (näher der chorioidea) liegt. Man sieht nämlich durch gewisse Vorbereitungen, welche unten (s. Entoptische Erscheinungen) angegeben werden, die Schatten der Gefässe der retina im eignen Auge. Diese Gefässe liegen aber grösstentheils hinter der Schicht der opticus-Fasern, man könnte daher ihre Schatten nicht wahrnehmen, wenn die Empfindung des Lichtes durch die Nerven selbst geschähe. — Auch sucht Müller aus der Richtung der scheinbaren Bewegung, welche die Aderfigur bei Bewegung des vor den Augen gehaltenen Lichtes zeigt, die Entfernung der lichtpercipirenden Fläche von den Gefässen zu beweisen, und kommt dadurch zu dem Schlusse, dass diese Fläche die Zapfen und Stäbchen sein müssen.

674. Sonach kann man wohl als bewiesen erachten, dass die Stäbchen- und Zapfenschicht vom Licht affizirt werde, dass die in ihnen entstehende, ihrer Natur nach unbekannte Veränderung (das Lichtbild) auf die Ganglienschicht und die Nervenfasern wirke, und dass diese Veränderung zum Gehirne gelange, und die Sinneswahrnehmung veranlasse. Die gereizte opticus-Faser bringt Lichtempfindung hervor, einerlei, ob sie von den durch die Ätherwellen erregbaren und erregten Zapfen und Stäbchen, oder durch andere Mittel gereizt wird.

II. Ursachen der Erregung.

II. Die Ursachen d. Erregung.

675. Die empfindenden Theile der retina werden zur Thätigkeit angeregt: A. durch Licht, B. durch mechanische und galvanische Reize, C. durch Vorstellungen.

A. Licht. 1) Bedingungen der Empfindung.

676. Damit die retina einen beleuchteten Gegenstand deutlich sehe, sind folgende fünf Bedingungen erforderlich:

a) Beleuchtung.

677. a) Die Thätigkeit der retina erfordert, dass sie beleuchtet werde. Ist die Beleuchtung zu stark, so macht sie Schmerz, und die Empfindung hört auf. Wenn aber die Beleuchtung diese Gränze

1) H. Müller in Würzburger Verhandl. 1855. V, 411.

Digitized by Google

nicht überschreitet, so steht mit derselben der Grad der Receptivität in geradem Verhältnisse. Je geringer die Beleuchtung, desto geringer die Empfindungsfähigkeit der Retinaelemente. Da aber bei jeder Empfindung die Intensität der empfindenden Elemente durch die zunehmende Menge derselben, d. h. durch ihre Extensität einigermassen ersetzt werden kann, so folgt, dass bei geringem Lichte mehr gesehen wird, wenn die Pupille erweitert ist. Dadurch nämlich wird der Durchmesser des Retinabildes grösser, und daher werden mehr Retinaelemente getroffen.

b) Aufmerksamkeit.

678. b) Ein zweites Erforderniss zur deutlichen Empfindung besteht in der Aufmerksamkeit. Indem ein Punct scharf ins Auge gefasst wird, fühlt man die Anstrengung, welche dazu nöthig ist. In der Dämmerung wird es durch diese Anstrengung möglich, ziemlich deutlich zu sehen. — Wenn die retina eine Zeit lang sich angestrengt hat, so ermüdet sie, und kann nicht mehr durch die Intention der Seele rege erhalten werden. Wenn daher ein Mensch mit scharfen Augen lange Zeit Beobachtungen, z. B. durch das Mikroskop, gemacht hat, so wird er nachher vorübergehend kurzsichtig. Er ist nicht mehr der Aufmerksamkeit fähig, welche zur Wahrnehmung ferner Objecte erforderlich ist. Bei Menschen, welche durch abnorme Verhältnisse im optischen Apparate dauernd kurzsichtig sind, kann auf der andern Seite momentan durch eine vorübergehende vermehrte Receptivität der retina die Kurzsichtigkeit verschwinden; sowie durch passende Übungen die Kurzsichtigkeit überhaupt oft sich bessern kann.

c) Deutlichkeit des Bildes.

679. c) Das Bild auf der retina muss deutlich sein, der Gegenstand in gehöriger Entfernung liegen. Von Objecten, welche im Auge selbst liegen, z. B. auf der cornea, in den Augenkammern, vor der Linse, werden viele Zerstreuungskreise auf der retina erzeugt; es entstehen die sog. entoptischen Erscheinungen.

Entoptische Erscheinungen.

680. Entoptische Erscheinungen. [1]) Man versteht unter entoptischen Erscheinungen diejenigen Gesichtswahrnehmungen, welche durch Objecte entstehen, die im bulbus selbst ihren Sitz haben. Hiehin gehören:

a) Schattenbilder durch gewisse Veränderungen in den optischen Medien des Auges hervorgebracht. Namentlich sind die fliegenden

1) Man vgl. Purkinje, Beiträge zur Kenntniss des Sehens. 1819. 1825. — Donders in Nederlandsch Lancet. 1846—47. — Brewster in Philos. Mag. 32. 1. — Gudden in Müller's Arch. 1849. p. 522. — Burow, ebend. 1854. p. 166. — Doncan, De corp. vitrei Struct. Traj. ad Rh. 1854. Dissert. — H. Müller in Würzburger Verhandl. IV und V. — Listing, Beiträge zur physiol. Optik. Göttingen 1845. — Helmholtz, Phys. Optik. p. 148.

Digitized by Google

Mücken, mouches volantes, welche in Form von Perlschnüren, Fasern oder Ringen vor dem Auge erscheinen. Sie rühren, wie besonders Doncan nachgewiesen hat, von zellenartigen Körpern her, welche im Glaskörper sich finden. Diese werfen einen Schatten auf die retina, welchen man nach Aussen verlegt. Liegt er in der Sehaxe, so glauben wir den Gegenstand vor uns zu sehen; liegt er seitlich, so richten wir die Sehaxe nach dem scheinbaren Bilde, aber es weicht zur Seite. Aber auch bei ruhendem Auge sieht man die mouches volantes sich heben und dann wieder sinken, was auf Bewegungen deutet, welche die Zellen selbst machen. — Um die mouches volantes deutlich wahrzunehmen, muss man Licht von einer sehr kleinen leuchtenden Stelle, welche sich sehr nahe vor dem Auge befindet, in das Auge fallen lassen. Wenn man daher eine Sammellinse hinter eine vorgestellte Lampe und vor einen Schirm aufstellt, in welchem ein feines Loch befindlich ist, so entwirft die Linse in ihrem Brennpuncte ein verkleinertes Bild der Flamme. Wird ein Auge der Öffnung des Schirms sehr genähert, so erblickt es die erleuchtete Fläche der Linse, und es werden die entoptischen Erscheinungen sehr deutlich. — Brewster und Donders bringen eine Metallplatte vor das Auge, in welcher sich zwei Öffnungen befinden, welche nur 1,5 ^{mm} von einander abstehen, wodurch zwei Zerstreuungskreise auf der retina und daher auch zwei (entoptische) Schatten sich bilden. — Je entfernter die Objecte von der Netzhaut sind, desto weiter liegen die Bilder von einander. — Ähnliche Schattenbilder wie durch Fasern und Körner in dem Glaskörper, können entstehen durch Einschnitte, Falten, Vorsprünge der iris, ferner durch die in Folge von Druck oder Reibung rauh gewordene Vorderfläche der cornea, durch Flüssigkeiten, welche die cornea überziehen, durch gewisse Streifen, Linien etc. in der Linse.

b) Die Aderfigur. Obwohl die Gefässe der Netzhaut, die sehr nahe vor dem lichtempfindenden Theile derselben liegen, stets einen Schatten auf die retina werfen, so wird derselbe unter gewöhnlichen Umständen doch nicht erkannt, weil die Gefässe so fein sind und auch immer die Netzhaut beschatten, weshalb die Empfindung verwischt ist. Man hat aber verschiedene Methoden, um diese Gefässe sichtbar zu machen, wie zuerst Purkinje gelehrt hat. Während man die Pupille mit einem Augenlide bedeckt, oder auch während man auf einen dunkeln Hintergrund sieht, lässt man mittelst einer Linse intensives Licht auf die sclerotica fallen. Hiedurch wird das ganze Sehfeld hell und es unterscheidet die retina die beschatteten Stellen, an welchen die Gefässe liegen, als ruhende, unerregte, von den benachbarten Feldern, wodurch die Verzweigungen bis zu den feinsten Ästchen erkannt werden. Auch wenn eine Kerzenflamme in einem

Digitized by Google

sonst dunkeln Raume 6 Zoll vor den Augen hin und her geführt wird, sieht man nach einiger Zeit eine dunkle, baumartige, ästige Figur, die sich über das ganze Sehfeld ausbreitet. Vor jedem Auge ist ein Stamm erkenntlich, während die Äste sich mit einander mischen. — Auch sieht man, jedoch weniger gut, die Aderfigur, wenn man nach dem hellen Himmel sieht, während eine feine, durch ein Kartenblatt gestochene Öffnung vor der Pupille hin und her geführt wird. — Wird das Beleuchtungsmittel in diesen Versuchen von der Stelle bewegt, so verrückt sich auch die Aderfigur, und zwar nach der beleuchteten Stelle hin. — Purkinje und Burow erkannten auch in der Mitte der Aderfigur ein scharf begränztes Oval, was man als die entoptische Erscheinung des gelben Flecks ansieht.

c) Leuchtende Aderfigur. Wenn man den blauen Himmel, ein Schneefeld oder das beleuchtete Glas einer Milchlampe starr betrachtet, so erblasst bald die Farbe der Fläche. Bewegt man dann zugleich die wenig gespreizten Finger sehr schnell vor den Augen hin und her, so tauchen einzelne Strömchen auf, die sich bald mehren, und schliesslich sieht man eine grosse Zahl feinster, sehr schnell fliessender Capillarströme, in welchen die einzelnen Blutkörperchen als Pünctchen unterschieden werden können (Boissier de Sauvages, Steinbuch, Purkinje, Meissner, Vierordt). [1]) Die Erscheinung rührt vom Druck auf die retina durch die erweiterten Gefässe her, und ist mit den durch mechanische äussere Einwirkungen erzeugten Lichtempfindungen zu vergleichen. — Diese Bilder können auch durch gleichmässigen Druck des bulbus von Vorn nach Hinten erhalten werden.

d) Räumliche Ausdehnung.

681. Das zu sehende Object muss einen gewissen Raum einnehmen. —

Da man den Durchmesser des Netzhautbildes berechnen kann, so lässt sich durch Beobachtung auch nachweisen, wie klein dasselbe sein kann, ehe es für die Empfindung verschwindet. Wenn Volkmann [2]) auf 30″ Weite ein 0,002″ dickes Haar, wenn ein Schüler Baer's auf 28′ (?) Entfernung ein $^1/_{60}$‴ dickes Haar erkannte, so entsprach jenem ein Retinabild von 0,000033″ (= 0,000396‴) und diesem ein Bild von 0,0000021″ (= 0,0000252‴). Valentin erkannte bei heller Beleuchtung Striche von 0,003‴ Breite bei einer Entfernung von 20″, wonach die Grösse des Retinabildchens 0,0000579‴ betrug. —

Der Durchmesser eines Zapfens der retina ist höchstens = $^1/_{1000}$‴, s. o. Hienach scheint es, dass ein und dasselbe percipirende Element

1) Vierordt in Archiv für physiol. Heilk. 1856. p. 255.
2) Volkmann in Wagner's Handwörterb. III, a. p. 331.

Digitized by Google

fähig ist, zwei Eindrücke aufzunehmen, was von theoretischer Seite aus betrachtet, allerdings wenig Wahrscheinlichkeit hat.

682. Eine sich hier anschliessende Frage ist die, wie weit zwei Puncte von einander entfernt sein müssen, um nicht in der Empfindung zu einem zu verschmelzen. Nach E. H. Weber werden zwei Bilder von zwei Parallellinien noch erkannt, wenn sie auf der Netzhaut nur 0,00119—0,00148‴ von einander entfernt sind. — Volkmann hat Spinnwebfäden auf hellem Grunde, Helmholtz ein Gitter von schwarzen Drähten zu diesen Untersuchungen benutzt. — Die Beobachtungen haben die Annahme sehr wahrscheinlich gemacht, dass die Zapfen und Stäbchen die letzten, lichtempfindenden Elemente der Netzhaut sind. Wenn nun zwei neben einander liegende Zapfen von zwei Eindrücken getroffen werden, welche nicht vollkommen gleich sind, oder nicht die ganze Fläche eines Zapfens einnehmen, so entsteht ein doppelter Eindruck. Wenn aber die Erregungen ganz gleich sind, so ist noch nothwendig, dass zwischen zwei erregten Zapfen ein ruhender liege, damit die Differenz erkannt werde. Volkmann hat nachgewiesen, dass durch Wiederholung, also durch Übung und Aufmerksamkeit das Unterscheidungsvermögen sich steigert. Wenn also im Anfange es nothwendig war, dass eine grössere Anzahl ruhender Zapfen zwischen den erregten liegen musste, so reicht bei vermehrter Aufmerksamkeit eine geringere Anzahl aus, vielleicht ein einziger, oder gar nur ein Theil davon. — Aubert und Förster haben gezeigt, dass auf den Seitentheilen der Netzhaut die Unterscheidungsfähigkeit viel geringer ist, als im gelben Flecke. Die Abnahme ist nach Oben und Unten schneller, als nach Aussen zu. [1])

Schärfe des Sehens.

Bei guter Beleuchtung und bei einer Ausdehnung des Objects in verticaler Richtung kann dasselbe leichter gesehen werden, als im andern Falle. So sieht man eine Linie besser, als einen Punct. Bei verschiedenen Individuen walten sehr grosse Differenzen ob.

683. Wenn auch zur Empfindung des Sehens eine gewisse Zeit erfordert wird, so ist doch diese unermesslich klein. Denn selbst während des electrischen Funkens ist man im Stande zu sehen.

e) Zeitliche Ausdehnung.

684. Die Empfindungen, welche die retina zeigt, lassen sich unter zwei Hauptrubriken bringen. Einmal entsteht in Folge der Reizung die bekannte Empfindung von Licht, welche wiederum durch die Modificationen, denen die Ätherschwingungen ausgesetzt sein können, als Farbenempfindung auftritt. Zweitens haben wir Empfindung

2) Qualität der Empfindung.

1) Über die Schärfe des Gesichtssinnes sind zu vergl. Tob. Mayer, Comm. Gött. 1754. IV. — Volkmann, l. c. — E. H. Weber, in Verh. der sächs. Ges. 1852. p. 145. — Aubert u. Förster in Gräfe's Arch. für Ophthalm. 1857. III. — Helmholtz, Phys. Optik. p. 215.

Digitized by Google

von der retina als solcher, wie von den meisten Körpertheilen. Wir bezeichnen dieselbe als Dunkelheit. Es ist der Zustand der Ruhe in der retina, welche von keinerlei Reiz getroffen wird. Der Dunkelheit am Nächsten steht die Empfindung von Schwarz. Man kann also mit Fechner, Volkmann und Helmholtz Schwarz mit Recht eine Empfindung nennen, obwohl sie nicht in eine Abtheilung mit den Farbenempfindungen gehört. — Wenn die retina beleuchtet wird, so muss sie nothwendig auch Empfindung von den Stellen haben, welche beschattet sind und daher als dunkle aufgefasst werden.

685. Die gesunde retina ist fähig, sowohl von den Wellenlängen des Lichtäthers, d. i. den Farben, als auch von der Oscillationsamplitüde, d. i. der Intensität des Lichts affizirt zu werden.

a) Farben.

686. Die Farbenempfindung kann man sich in zweierlei Weise denken. Man kann sich entweder vorstellen, dass in der retina den verschiedenen Farben auch verschiedene lichtempfängliche Elemente entsprechen, so dass z. B. Elemente vorhanden sind, durch welche nur Roth, d. h. die Ätherwellen, welche die grössten Wellenlängen haben, zur Empfindung gelangen u. s. w. Oder man kann sich vorstellen, dass dasselbe Retinaelement für die verschiedenen Wellenlängen Empfänglichkeit habe. — Es lässt sich nicht bestimmen, welche Ansicht die richtige sei. Durch die erstere, schon von Th. Young [1]) adoptirte, lassen sich jedoch manche Erscheinungen leichter erklären; so z. B., dass es Menschen gibt, die übrigens scharf und gut sehen, aber die rothe Farbe nicht unterscheiden (Daltonius oder Anerythropsie genannt); andere, die das Blau nicht zu erkennen vermögen. [2]) — Auch kann man das Phänomen der subjectiven Farben leichter durch jene Theorie deuten. Wir wollen uns im Folgenden derselben bedienen, da es ein Leichtes ist, alle Erscheinungen auch auf die andere Theorie zu übertragen.

687. Die Elemente der retina, welche zur Empfindung von Roth bestimmt sind, werden von Stössen afficirt, welche viel weniger rasch auf einander folgen, als die, welche zur Empfindung von Blau bestimmt sind. Wenn in einer Secunde 667 Billionen Stösse hinter einander folgen, so unterscheiden die dem Blau entsprechenden Elemente sie dennoch. Damit ist die Thatsache in Übereinstimmung, dass in der Dämmerung die rothe Farbe eher unsichtbar wird, als die blaue.

---

1) Th. Young, Lect. on nat. philos. Lond. 1807.

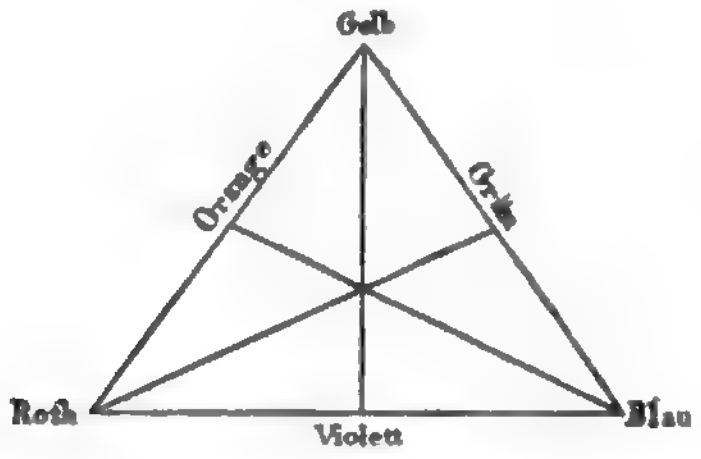
2) Vgl. Seebeck in Poggend. Ann. XLII. 1837. p. 177. Er theilt die Menschen, welche an Mangel des Farbensinnes leiden, in zwei Klassen. Die eine unterscheidet keine Farbe gut, aber am Besten das Gelb, dann das Blau, am Schlechtesten das am Wenigsten brechbare Roth; doch kann sie Blau und Roth noch besser von einander unterscheiden, als die zweite Klasse, welche am Wenigsten gut das Blau vom Farblosen zu trennen vermag.

Digitized by Google

Pigmentfarben.

688. Man kennt dreierlei Ursachen der objectiven Farben, durch welche Pigmentfarben, Interferenz- und prismatische Farben entstehen. Von den Pigmentfarben unterscheidet man als die drei Grundfarben Roth, Gelb, Blau, weil deren Mischungen (schmutziges) Weiss geben. Diejenigen Farben nennt man complementär, welche mit der fehlenden Weiss machen. An den Spitzen des beistehenden Dreiecks stehen die Grundfarben, zwischen denselben die Mischfarben, und jeder Farbe gegenüber, durch eine Linie verbunden, die complementäre.

Fig. 235.



Prismatische Farben.

689. Anders verhält es sich nach Helmholtz [1]), wenn man anstatt der Farbestoffe prismatische Farben anwendet. Helmholtz befestigt nämlich vor das Objectivglas eines Fernrohrs ein Prisma in der Stellung der kleinsten Ablenkung, so dass die Kante seines brechenden Winkels vertical steht. Durch das Fernrohr und Prisma sieht er nun nach zwei Spalten, welche in einen schwarzen Schirm geschnitten sind und die so gegen einander liegen, dass sie einen rechten Winkel einschliessen. Dadurch nun, dass die Farbenstreifen in den beiden Spalten auf der einen Seite von Oben links nach Unten rechts, und auf der andern Seite von Oben rechts nach Unten links verlaufen, durchschneiden sie sich unter rechten Winkeln. Jeder Farbenstreifen des einen Spectrum schneidet in dem den beiden Spectris gemeinsamen Felde jeden des andern, wodurch sämmtliche Combinationen aus je zwei einfachen Farben gebildet werden. Grassmann hat einzelne Beobachtungen nicht bestätigt gefunden, wovon sich auch Helmholtz später überzeugte.

Aus diesen Untersuchungen ergaben sich folgende Resultate, welche Helmholtz übersichtlich in einer Tabelle (Phys. Optik. p. 279) zusammengestellt hat. An der Spitze der vertikalen und horizontalen

1) Helmholtz in Poggend. An. 1852. LXXXVII, 45. — Müller, Arch. 1852. p. 461. — Grassmann in Poggend. Ann. 1853. LXXXIX, 69.

Digitized by Google

Columnen stehen die einfachen Farben; wo sich die betreffende vertikale und horizontale Columne schneidet, ist die Mischfarbe angegeben, welche übrigens immer bei verändertem Mischungsverhältnisse durch die in der Spectralreihe dazwischen liegenden Farben in jede der beiden Farben der Mischung eingehen kann:

	Violett	Indigblau	Cyanblau	Blaugrün	Grün	Grüngelb	Gelb
Roth	Purpur	dunkel Rosa	weisslich Rosa	Weiss	weisslich Gelb	Goldgelb Gelb	Orange
Orange	dunkel Rosa	weisslich Rosa	Weiss	weisslich Gelb	Gelb		
Gelb	weisslich Rosa	Weiss	weisslich Grün	weisslich Grün	Grüngelb		
Grüngelb	Weiss	weisslich Grün	weisslich Grün	Grün.			
Grün	weisslich Blau	Wasser-blau	Blaugrün				
Blaugrün	Wasser-blau	Wasser-blau					
Cyanblau	Indigblau						

Hiernach entsteht also Weiss aus einer Vermischung von Grüngelb und Violett, von Indigblau und Gelb (was bei Pigmentfarben Grün gibt), von Cyanblau und Orange, von Blaugrün und Roth.

Helmholtz gibt auch noch zwei Methoden an, um das von Pigmentfarben kommende Licht zusammenzusetzen, bei denen man Resultate erhält, welche ganz den bei der Zusammensetzung ähnlicher prismatischer Farben erhaltenen entsprechen. Die erste dieser Methoden ist die Vereinigung der Farben auf dem Farbenkreisel. Man hat längst bemerkt, dass sie andere Resultate gibt, als die Mischung der Pigmente. Bei schneller Umdrehung erhält man von Gelb (Gummi Gutti oder Chromgelb) und Blau (Ultramarin) nicht Grün, sondern Grauweiss. Das Weiss wird um so reiner, je ähnlicher die Pigmente der Spectralfarben sind. Sehr frappant stellt sich der Unterschied beider Methoden heraus, wenn man die Mitte der Scheibe mit der Mischung beider Pigmente anstreicht, am Rande dagegen Sectoren mit den reinen Pigmenten. Dann sieht man bei schnellem Umdrehen der Scheiben in der Mitte Grün, am Rande Grau.

Die andere Methode ist folgende: Man stelle eine Glasplatte mit planen und parallelen Flächen senkrecht auf eine schwarze Unterlage auf, und lege vor dieselbe eine gefärbte Oblate hin. Diese sieht man in der Glasplatte gespiegelt, und der scheinbare Ort ihres Spiegelbildes ist jenseits der Platte und ebenfalls auf der Oberfläche des Tisches. Man kann nun genau an dieselbe Stelle, wo sich scheinbar die gespiegelte Oblate befindet, eine andere eben so grosse, aber an-

Digitized by Google

ders gefärbte hinlegen, welche der Beobachter durch das spiegelnde Glas hindurch sieht. Sein Auge wird dann von zweierlei Strahlen getroffen, welche beide von ganz demselben Körper auszugehen scheinen, die einen dem durchgegangenen, die andern dem gespiegelten Lichte angehörig. Es erscheint ihm desshalb eine Oblate, deren Farbe aus denen der beiden wirklich vorhandenen Oblaten zusammengesetzt ist. Um den Versuch bequem anzustellen, braucht man nur ein ganz kleines, möglichst dünnes planparalleles Glasstäbchen anzuwenden, welches man etwa in der Entfernung des deutlichen Sehens über der Tischplatte und senkrecht gegen diese befestigt. Man sieht von Oben schief durch das Plättchen nach der Tischplatte hin, und legt sich die Oblaten an passende Stellen, um die Vereinigung ihrer Farben hervorzubringen. Je näher man beide der imaginären Durchschnittslinie der Ebene des Tisches und der Glastafel schiebt, desto schiefer fallen die Strahlen auf die Platte, desto weniger gehen durch, desto mehr werden reflectirt, so dass dann die Farbe des reflectirten Lichtes die überwiegende wird. Umgekehrt überwiegt die Farbe des durchgehenden Lichtes, wenn man die Oblaten von jener Durchschnittslinie entfernt, und man kann auf diese Weise sämmtliche Abstufungen der relativen Stärke in der Zusammensetzung hervorbringen. Man gibt bei diesem Versuche entweder beiden Oblaten einen schwarzen Grund, oder wenn man weissliche Farbenverbindungen hervorbringen und mit reinem Weiss vergleichen will, der einen, am Besten der hellern von beiden, einen weissen, der andern einen schwarzen Grund. Bei der Beobachtung durch das Glasplättchen erscheint dann die Oblate in der zusammengesetzten Farbe auf weissem Grunde. — So erscheint z. B. eine ultramarinblaue Oblate, welche das gelbe Spiegelbild einer vor der senkrechten Glasplatte liegenden chromgelben Oblate deckt, nicht grün, sondern grau oder grauweiss.

Die Ursache, weshalb die Pigmentfarben bei ihrer Mischung sich anders zu verhalten scheinen, liegt nach Helmholtz (Optik. p. 274) darin, dass die kleinen Pulvertheilchen der Farbstoffe, welche an sich durchsichtig sind, durch Absorption das Licht färben. Fällt nun Licht auf ein solches, aus durchsichtigen Theilen bestehendes Pulver, so wird ein kleiner Theil an der obern Fläche reflectirt, der übrige dringt ein, und wird erst von den tiefer liegenden Theilchen zurückgeworfen. Das von der obersten Fläche reflectirte Licht ist weiss, das aus den tiefern Flächen zurückkehrende hingegen ist durch Absorption gefärbt.

Als die drei einfachsten prismatischen Farben, aus denen die meisten anderen sich zusammensetzen, wären nach Helmholtz zu bezeichnen: Roth, Grün, Violett. Es sind dies auch die drei Grundfarben, welche Th. Young als solche vorgeschlagen hat. Die gewöhn-

Digitized by Google

lich gewählten drei Grundfarben, Roth, Gelb und Blau, sind aber durchaus unzureichend, weil man aus ihnen nimmermehr Weiss erzeugen kann.

Complementäre Farben.

690. Wenn man annimmt, dass den verschiedenen objectiven Farben je besondere Retinaelemente entsprechen, so lässt sich die oben erwähnte Erscheinung auf folgende Weise aussprechen: Indem Wellen von gleicher Wellenlänge an einen Retinaraum anschlagen, werden die diesem Wellensystem entsprechenden Retinaelemente afficirt; während diejenigen Elemente ruhen, welche für andere Wellenlängen empfänglich sind und sich in demselben Raume finden. Dauert die Affection lange an, so werden die betroffenen Elemente ermüdet, während die andern in demselben Raume noch thätig sind. Wenn z. B. die dem Roth entsprechenden Elemente durch einen roth gefärbten Gegenstand afficirt, und nach einiger Zeit müde werden, und man das Gesicht auf eine weisse Wand wendet, so wird die Stelle der retina, an welche die rothen Strahlen anschlugen, für Roth unempfänglich sein, daher das Weisse der Wand sehen, minus Roth. Weiss — Roth ist aber = Grün. — Auf ähnliche Weise erklärt es sich, wenn man lange durch gelbe Fensterscheiben gesehen hat und dann nach weissen Wolken blickt, dass dieselben blau erscheinen. — Lässt man in ein übrigens verdunkeltes Zimmer nur durch ein gefärbtes, z. B. violettes Glas, Licht herein, und beschattet das Auge dann durch einen kleinen Schirm, so erscheint das Bild des Schirmes auf dem violetten Grunde blauviolett; war das Glas roth, so erschien das Bild grün; war jenes grün, so erschien dieses roth; war jenes gelb, so erschien dieses schwachblau oder gelbgrün (Brücke). In diesen Versuchen waren alle Retinaelemente, welche dem Violett oder Roth u. s. w. entsprachen, erregt; kommt nun auf diese erregte Fläche ein neues Bild, so können alle noch übrigen Elemente afficirt werden, was gewiss individuell ist. Am Gewöhnlichsten aber werden die für die häufigern Schwingungen empfänglichen Elemente eher thätig, als die für die seltnern Schwingungen empfänglichen. War das Retinabild gelb beleuchtet, so sah sich das Schattenbild blau oder grün an; war jenes grün beleuchtet, so wurden durch das Schattenbild nicht die relativ trägern dem Roth entsprechenden Elemente afficirt, sondern es erschien ein blässeres Grün.

b) Lichtintensität.

691. Indem das Auge ausser den Farben auch die Intensität des Lichtes, d. h. die Schwingungsamplitüde (No. 681) empfindet, unterscheidet es die Abstufungen von Hell und Dunkel.

Mechanische Reizung des Sehnervenapparates.

692. Ein plötzlicher Schlag aufs Auge [1]) bringt die Empfindung

1) Über mechanische Reizung sind hauptsächlich zu vergleichen Purkinje, Beob. und Versuche zur Phys. d. Sinne, 1819 und 1826. J. Müller, Phantast.

Digitized by Google

eines hellen, blitzartigen Lichtscheines über das ganze Gesichtsfeld hervor. Drückt man eine bestimmte Stelle am Rande der Augenhöhle, so entsteht dieser Stelle entgegengesetzt ein Druckbild oder Phosphen.

Das Druckbild ist nach Helmholtz (p. 196) am Hellsten, wenn der Druck den Äquatorialumfang des Auges trifft, wo die sclerotica am Dünnsten ist. Das Druckbild erscheint dann an der Gränze des dunklen Gesichtsfeldes als eine helle Bogenlinie, etwa halbkreisförmig. Es ist unter diesen Umständen ziemlich weit von dem Gesichtspuncte (dem am genauesten gesehenen Puncte des Gesichtsfeldes, welcher dem gelben Fleck entspricht) entfernt, und fällt deshalb, wenn man die Augen öffnet, mit dem Bilde äusserer Gegenstände zusammen, die nur undeutlich wahrgenommen werden. Man kann aber das Druckbild auch dem Gesichtspuncte näher bringen, wenn man das Auge stark nach Innen wendet, während man aussen drückt, oder wenn man jenes stark nach Aussen wendet, während man am innern Augenwinkel drückt.

«Anders sind die Erscheinungen, wenn man längere Zeit einen mässigen Druck gleichmässig auf den Augapfel wirken lässt. Dann treten sehr glänzende und wechselnde lichte Figuren im Gesichtsfelde auf, die ein wunderliches, phantastisches Spiel vollführen und oft den glänzendsten kaleidoskopischen Darstellungen, wie sie in neuerer Zeit mit Hülfe des electrischen Lichtes entworfen werden, ähnlich sind.»

693. Manche Beobachter (Purkinje, Vierordt, Laiblin) geben an, bei anhaltendem Druck aufs Auge die Verästelungen der Chorioidalgefässe roth auf dunklem Grunde gesehen zu haben, und sogar ein Gefässnetz mit strömendem Inhalte. Andere Beobachter (Meissner, Helmholtz) konnten an ihren Augen etwas einem Gefässnetze Ähnliches nicht sehen.

694. Zu den Lichterscheinungen, welche aus mechanischer Ursache entstehen, rechnet Helmholtz (p. 198) auch die lichten Flecke, welche empfindliche Augen im dunklen Gesichtsfelde sehen, wenn sie eine schnelle Bewegung des Auges vollführen. [1]) Sie entsprechen dem Sehnerveneintritte, werden also da gesehen, wo man bei dem Mariotteschen Versuche (§. 664) den einen der drei Puncte bei der passenden Entfernung nicht sieht. Es ist wahrscheinlich,

---

Gesichtsersch. Cobl. 1826. Laiblin, Wahrnehmung der Chorioidalgef. des eign. Auges. Tübingen 1856 (Dissert.). — Meissner in Jahresber. 1856. p. 568. — Helmholtz, Physiol. Optik. p. 195.

1) Vgl. Purkinje, l. c. Czermak, Phys. Studien in Wiener Sitzungsber. 1854 u. 1855. p. 322 u. 454. — Helmholtz, Optik, p. 198.

Digitized by Google

dass durch die Bewegung der Sehnerv gezerrt wird. — Auch gehört hierhin das oben (p. 848) beschriebene Accommodationsphosphen.

Reizung der retina aus innern Ursachen.

695. Die retina selbst, ebenso der n. opticus und die weitere Ausbreitung desselben bis zu seinen Ursprüngen können von krankhaften Einwirkungen afficirt werden, so z. B. durch ausgetretenes Blut, durch erweiterte Gefässe, durch Geschwülste u. s. w. Dadurch kommen ähnliche Folgen zu Stande, wie durch äussern Druck; nämlich Lichterscheinungen aller Art, denen mitunter auch objective Gestalten durch die Phantasie gegeben werden. — Auch scheint der Blutmangel in ähnlicher Weise auf die Centraltheile des Gesichts wirken zu können, wie auf andere Nerventheile, indem dadurch ein Zustand erhöhter Reizbarkeit hervorgebracht wird. Nahrungsmangel, erschöpfende Anstrengungen, Säfteverlust, Blutentziehungen, Ernährungsstörungen veranlassen nicht selten, dass die Kranken Gestalten allerlei Art zu sehen glauben, wie dies bei Helminthiasis, Hypochondrie, namentlich aber beim delirium tremens so auffallend ist. Es lässt sich dieser Zustand mit der Geneigtheit zu Zuckungen vergleichen, welche auf dem Gebiete des motorischen Nervensystems bei erhöhter Erregbarkeit sich zeigt.

Reizung der retina durch Vorstellungen.

696. Vorstellungen sind im Stande, wirkliche Bilder ins Auge zu bringen. Ja man vermag sogar willkührlich vollständige Gestalten bei verschlossenen Augen zu sehen, worauf Goethe zuerst aufmerksam machte. Es ist mir auch ganz leicht, solche Gestalten zu sehen, so dass es mir oft schwer wird, sie rasch loszuwerden. — Die meisten Menschen sehen bei verschlossenen Augen verworrene Erscheinungen, welche man nach Gruithuisen Lichtchaos, Lichtstaub des dunklen Gesichtsfeldes nennt. [1]) Auch die Traumbilder, sowie diejenigen, welche vor dem Einschlafen erscheinen, gehören hieher.

Electrische Reizung der retina.

697. Electrische Reizung der retina und des n. opticus bringt gleichfalls Lichterscheinungen hervor. Man hat Versuche mit leydener Flaschen, hauptsächlich aber mit galvanischen Strömen angestellt. Ein Pol wird an das Auge, der andere an die Mundhöhle angelegt. Es erscheinen Blitze und Farben, sowohl bei der Schliessung und Öffnung der Kette, als auch zur Zeit, während welcher dieselbe geschlossen bleibt, nur im letztern Falle schwächer. Die Wirkung ist jedoch verschieden, je nachdem man aufsteigend oder absteigend den Strom durchgehen lässt. Wird der positive Pol aussen an das Auge

---

1) Purkinje, Beob. u. Vers. zur Phys. d. Sinne. I. II. Prag 1823 u. 1825. — Müller, Phantast. Gesichtsersch. Cobl. 1826. p. 20. — Goethe, Farbenlehre, I, §. 96. — Helmholtz, Physiol. Optik, 201.

Digitized by Google

angelegt, so erreicht der Strom das peripherische Ende des Nerven zuerst, und geht dann zu den Centraltheilen, er ist also aufsteigend. — Helmholtz (p. 204) verbindet Stirne und Hand, anstatt des Auges und Mundes mit beiden Polen. Er bringt nämlich einen jeden von diesen mit je einem Metallcylinder, der mit einem durch Salzwasser getränkten Pappüberzuge bedeckt ist, in Verbindung. Bei seinen Versuchen machte er folgende, mit denen von Purkinje im Allgemeinen übereinstimmende Beobachtungen: «Wenn ein schwacher, aufsteigender Strom durch den Sehnerven geleitet wird, wird das dunkle Gesichtsfeld der geschlossenen Augen heller als vorher, und nimmt eine weisslich violette Farbe an. In dem erhellten Felde erscheint in den ersten Augenblicken die Eintrittsstelle des Sehnerven als eine dunkle Kreisscheibe. Die Erhellung nimmt schnell an Intensität ab, und verschwindet ganz bei der Unterbrechung des Stromes, die man bei langsamer Lösung der Hand von dem zweiten Cylinder ohne Lichtblitz ausführen kann. Dafür tritt nun, im Gegensatz zu dem vorausgegangenen Blau mit der Verdunkelung des Gesichtsfeldes auch eine röthlich gelbe Färbung des Eigenlichtes der Netzhaut ein. — Bei der Schliessung der entgegengesetzten absteigenden Stromesrichtung tritt der auffallende Erfolg ein, dass das nur mit dem Eigenlicht der Netzhaut gefüllte Gesichtsfeld im Allgemeinen dunkler wird als vorher, und sich etwas röthlich gelb färbt; nur die Eintrittsstelle des Sehnerven zeichnet sich als eine helle, blaue Kreisscheibe auf dem dunklen Grunde ab, von welcher Scheibe häufig auch nur die der Mitte des Gesichtsfeldes zugekehrte Hälfte erscheint. Bei Unterbrechung dieser Stromesrichtung wird das Gesichtsfeld wieder heller, und zwar bläulich weiss beleuchtet, und der Sehnerveneintritt erscheint dunkel.» — Helmholtz sucht diese Erscheinungen mit den Beobachtungen in Verbindung zu bringen, dass in der Nähe des positiven Pols die Reizbarkeit abnimmt und nach der Entfernung steigt, und in der Nähe des negativen Pols zunimmt.

Bei stärkern Strömen sah Ritter, dass starke, aufsteigende Ströme die Empfindung von lebhaftem Grün, noch stärkere von Roth, starke absteigende von schwachem Blau hervorbrachten. Nach Unterbrechung des ersten Stromes sah er erst Blau, dann Roth; nach Unterbrechung des starken absteigenden Stromes zuerst Roth, dann Blau. [1])

1) Vgl. Ritter in Gilbert's Ann. VII. u. XIX. 1801. p. 448 und 1805. p. 6. — Pfaff, Über thier. Electr. 1795. p. 142. — Purkinje, l. c. und Kastner's Arch. f. ges. Naturl. 1825. V, 434.

Digitized by Google

III. Dauer der Erregung.

Nachwirkung der Erregung der retina.

698. Nachdem die Erregung der Netzhaut aufgehört hat, dauert dennoch die Wirkung derselben eine Zeit lang fort, gerade so, wie es bei sensiblen und motorischen Nerven der Fall ist. So glaubt man beim plötzlichen Auslöschen einer Lampe im dunkeln Zimmer noch das Licht vor dem Auge zu erblicken. Bekannt genug ist es, dass eine im Kreise umgeschwungene feurige Kohle, obwohl sie nur einen Retinatheil nach dem andern afficirt, dennoch als ein ununterbrochener feuriger Kreis erscheint. Am Geeignetsten zu Versuchen über diesen Gegenstand sind rotirende Scheiben, welche schwarze und weisse Abtheilungen haben. Wird eine solche rasch umgedreht, so erscheint die ganze Fläche grau, indem die Eindrücke von Weiss nnd Schwarz sich nicht mehr sondern. Helmholtz hat als Gesetz aufgestellt, dass, wenn man auf eine Scheibe Kreislinien zieht, deren Mittelpunct in der Rotationsaxe liegt, diese so erscheint, als ob alles Licht, welches sämmtliche Puncte der Kreislinie von sich geben, gleichmässig über die ganze Länge der Kreislinie verbreitet sei. Wenn man dieses Gesetz auf die Thätigkeit der Netzhaut selbst anwendet, so kann man es so aussprechen: «Wenn eine Stelle der Netzhaut von periodisch veränderlichem und regelmässig in derselben Weise wiederkehrendem Lichte getroffen wird, und die Dauer der Periode hinreichend kurz ist, so entsteht ein continuirlicher Eindruck, der dem gleich ist, welcher entstehen würde, wenn das während einer jeden Periode eintreffende Licht gleichmässig über die ganze Dauer der Periode vertheilt würde.»

Führt man auf einer Farbenscheibe einen farbigen Stern auf andersfarbigem Grunde aus, so sieht man bei der Rotation der Scheibe in der Mitte die Farbe des Sterns, am Rande die des Grundes, dazwischen alle continuirlichen Übergangsstufen der einen Farbe durch die Reihe der Mischfarben in die andere.

Wenn eine rotirende Scheibe einen gleichmässigen Eindruck machen soll, so muss sie in der Secunde 24 bis 30 Mal sich umdrehen. [1]) — Es sind verschiedenartige kleine Apparate, welche rotirende Scheiben tragen, angegeben worden, um die Dauer des Netzhauteindruckes zu veranschaulichen und zu messen. Dahin gehören die stroboskopischen Scheiben von Stampfer und Plateau;

---

1) Man vgl. über diese Gegenstände besonders Plateau in Poggend. Ann. B. 20. 22. 29. 32. 35. 37. 78. 79. 80. — Dove, ebendas. Bd. 71, p. 97. Helmholtz, Physiolog. Optik, p. 336.

Digitized by Google

die verschiedenen Farbenkreisel; das Dädaleum von Horner; das Anorthoscop von Purkinje.

699. Erregbarkeitszustände der Netzhaut. Wie an andern Nerven zeigt auch der Nervenapparat der retina merkwürdige Veränderungen in der Erregbarkeit, wenn Reize auf dieselbe angewandt worden sind. Diese lassen sich auch hier unter drei Gesichtspuncten auffassen: 1) Erscheinungen, welche auftreten, nachdem der Lichtreiz entfernt ist, und die retina ganz in Ruhe bleibt (positive Nachbilder). 2) Erscheinungen, welche eintreten, nachdem der Lichtreiz entfernt ist, und die retina einer neuen Erregung unterworfen wird (negative Nachbilder). 3) Erscheinungen, welche während der Einwirkung des Lichtreizes an den nicht gereizten Stellen der retina eintreten (Contrast). Verschiedenheit der Nachwirkung der Netzhautbilder.

1) Positive Nachbilder.

700. Die positiven Nachbilder sind diejenigen Bilder, welche noch auf der retina zurückbleiben, nachdem das Object, welches das Bild hervorrief, bereits entfernt ist. Die hellen Partien des Objects sind auch im positiven Nachbild hell, und die dunkeln dunkel; umgekehrt ist es bei den negativen Nachbildern der Fall. Man muss, um jene zu erkennen, das Auge ohne Druck verdecken, und es vollständig in Ruhe kommen lassen, dann es öffnen, und unverwandt die Augen auf einen hellen Gegenstand, z. B. die wohl beleuchtete Fensterscheibe, nur sehr kurze Zeit, $^1/_3$ Secunde gerichtet halten, endlich wieder ohne alle Erschütterung verdecken. So sieht man auch bei schnellem Ausdrehen einer Lampe das positive Nachbild der Flamme; ebenso bei dem so schnell verschwindenden electrischen Funken, den Aubert[1]) bei seinen Versuchen anwandte. — Das Nachbild kann mehrere Secunden andauern (länger nach schwachen, als starken electrischen Funken, Aubert), und sogar noch in den Graden der Helligkeit mehr Unterschiede erkennen lassen, als dies beim directen Sehen der Fall war. Man sieht die helleren Flächen, ehe sie verschwinden, bläulich, violett, rosa, gelbroth werden. Mitunter wird das Feld dunkler und klärt sich dann wieder auf. Positive Nachbilder.

2) Negatives Nachbild.

701. Wendet man, während das positive Nachbild noch besteht, oder später, die Augen geschlossen oder geöffnet nach einer hellen Negative Nachbilder.

1) Vgl. Aubert in Moleschott's Unters. 1858. IV, 215 und 1858. V, 279.

Digitized by Google

Fläche, so erscheint ein negatives Nachbild, in welchem, wie gesagt, die hellen Partien des Objectes dunkel, die dunkeln hell erscheinen. Das Licht, welches auf die Netzhaut, die vorher schon erregt war, fällt, nennt man nach Helmholtz das reagirende Licht zum Gegensatz des primären, welches zuerst die Netzhaut erregte.

Es gehört eine gewisse Stärke des primären und des reagirenden Lichtes dazu, um die negativen Nachbilder recht deutlich zu machen. — In den Nachbildern können sogar Gegenstände erkannt werden, die man beim directen Anblicke nicht sah. Die negativen Nachbilder erfordern, um deutlich zu erscheinen, einer längern Einwirkung des primären Lichtes, als die positiven. Dies beruht darauf, dass das negative Nachbild eine ganz andere Erscheinung, als das positive ist. Das letztere ist die Fortdauer des erregten Zustandes, die molekularen Bewegungen in dem gereizten Nervenapparate bedürfen noch eine Zeit, bis sie wieder ihre Ruhelage gewonnen haben. Das negative Nachbild entsteht aber zunächst durch Ermüdung. Wenn man ein hell erleuchtetes Fenster etwa 10 Secunden unverwandt angeblickt hat, so sind die Stellen der retina, auf welche das Bild der dunklen Fensterrahmen fällt, nicht angestrengt worden, hingegen wohl die Stellen, welche das Bild der beleuchteten Scheibe aufnehmen. Wendet man nun das Auge ab auf eine weisse Wand, so werden die am Stärksten affizirten Stellen nun ermüdet sein und das reagirende Licht wirkt nicht auf sie; man glaubt ein dunkles Viereck vor sich zu haben, welches der früher gesehenen hellen Fensterscheibe entspricht. Umgekehrt ist es mit dem Fensterrahmen, der im reagirenden Lichte hell gesehen wird, weil sein Bild die retina nicht affizirt hat, und nun auf diese Stelle das reagirende Licht wirkt.

702. Das Nachbild bewegt sich mit dem Auge, wie sich von selbst versteht. Wenn also z. B. intensives Licht grade den gelben Fleck affizirte, so entsteht auch hier das Nachbild. Wohin man das Auge auch wendet, glaubt man im Fixationspuncte dasselbe zu sehen und kann feinere Gegenstände nicht fixiren, weil das Nachbild hinderlich ist. So kann ein Nachbild das Auge wie mouches volantes verfolgen. — Über die Helligkeit des Nachbildes macht Helmholtz folgende Bemerkungen: «So lange noch neben dem negativen Bilde das positive besteht, ist die Reizung der Netzhaut zusammengesetzt aus der noch fortbestehenden Reizung, welche das primäre Licht hervorgebracht hat, und der durch die Ermüdung verminderten Reizung durch das reagirende Licht, und in diesem Sinne können wir die Helligkeit des Nachbildes als die Summe der Helligkeit des positiven Bildes und der durch die Ermüdung verminderten Helligkeit des reagirenden Lichtes betrachten. Ist nun die Verminderung der Helligkeit des reagirenden Lichtes grösser als die Helligkeit des rea-

Digitized by Google

girenden Lichtes, so wird die ganze Helligkeit des Nachbildes geringer sein, als die Helligkeit des reagirenden Lichtes, wie sie den nicht ermüdeten Netzhautstellen erscheint, das Nachbild also negativ werden. Dies ist bei grösserer Helligkeit des reagirenden Lichtes der Fall. Bei geringerer dagegen ist die Helligkeit des positiven Bildes mehr als hinreichend, den Verlust durch die Ermüdung zu decken; das Bild ist positiv.»

703. Mit der Entstehung der Nachbilder hängt auch zusammen, dass bei langem Betrachten von grauem Papier mit unverwandtem Blicke dasselbe eine immer schwächere Empfindung hervorbringt. Legt man auf grauen Grund ein Stück weisses Papier, so erscheint das Nachbild desselben dunkel, während das Nachbild eines schwarzen Papiers auf grauem Grunde hell erscheint, indem dort die dem weissen Papier entsprechende Stelle der retina mehr, und hier die dem schwarzen Papier entsprechende Stelle der retina weniger ermüdet worden ist, als die daneben liegenden Stellen, auf welche der graue Grund eingewirkt hat.

Nachbilder von gefärbten Objecten.

704. Auch bei gefärbten Objecten entstehen positive Nachbilder in der ursprünglichen, und negative in der complementären Farbe. Für jene ist eine momentane, für diese eine längere Anschauung zu empfehlen. Um die negativen Nachbilder zu zeigen, bedient man sich eines kleinen von Nörremberg construirten Apparates. Er besteht aus einer vertikalen Wand, welche auf einem horizontalen Brettchen steht. Vor diese Rückwand wird nun eine mit farbigem Papier überzogene Tafel eingeschoben. Auf der Mitte dieser Tafel ist aber ein kleineres Rechteck von Papier aufgeklebt, dessen Farbe complementär zu der Farbe der Tafel ist, also wenn diese gelb ist, blassgrün, oder auf einer grünen Tafel ein rothes, auf einer rothen Tafel ein grünes Viereck. Vor diesem Rechteck hängt ein schwarzes Kügelchen, welches dazu bestimmt ist, vom Auge, während des Versuches, beständig fixirt zu werden. Vor die gefärbte Tafel kann noch in einem kleinen Holzrahmen eine weisse Papiertafel gestellt werden. Hat man den Rahmen heraufgezogen, so lässt er sich durch einen Stift hier befestigen, so dass die farbige Wand allein dem Auge erscheint. Zieht man den Stift heraus, so fällt der Rahmen, und das Auge blickt auf die weisse Fläche. Man sieht nun so lange die gefärbten Flächen an, bis sie ihren Glanz zu verlieren anfangen, dann lässt man den Rahmen fallen und es erscheint nun auf dem weissen Papier in complementärer Farbe das Rechteck und die gefärbte Tafel. So erscheint z. B. das Nachbild des rothen Rechtecks auf grünem Grunde, als blassgrünes Rechteck auf rosarothem Grunde u. s. w.

Mit Spectralfarben zeigen sich nach Helmholtz (p. 370) dieselben Resultate, wie mit Pigmentfarben.

Digitized by Google

705. Die Nachbilder erscheinen aber nicht nur, wenn man das ermüdete Auge auf eine weisse Fläche, sondern auch, wenn man es auf eine schwarze Fläche fallen lässt, jedoch in letzterm Falle nicht mit gleicher Intensität.

706. Betrachtet man das Spectrum einer Kerzenflamme, oder einer intensivern andern Flamme, oder gar des Sonnenbildes anhaltend durch ein Prisma, so werden nach und nach die Farben immer unscheinbarer, es verschwindet erst Roth, dann Grün, dann Blau, endlich bleibt nur noch ein langer weisslicher Streifen (Brewster).

Farbiges Abklingen der Nachbilder.

707. Es entstehen aber nicht nur farbige Nachbilder, wenn man auf ein gefärbtes Object gesehen hat, sondern auch nach dem Anblicke einer glänzend weissen Fläche, eines Kerzenlichtes, oder des electrischen Funkens. Wendet man dann die geschlossenen Augen nach einer dunkeln Wand, so hat man noch zunächst das positive Nachbild, als hellen oder leuchtenden Punct scheinbar im Sehfeld; alsbald aber entstehen Farben und zwar gelb, orange, roth, violett, blau oder blaugrau, bis endlich das Nachbild verschwindet. — Wenn man hingegen lange in eine Flamme gesehen hat und wendet das Auge auf eine hellweisse Fläche, so geht das dunkle negative Nachbild durch Blau und Grün in Gelb über, welches endlich wieder den weissen Grund blicken lässt. — Man nennt diese Erscheinung das farbige Abklingen der Nachbilder. [1])

Contrastfarben.

708. Die Erregbarkeit der Netzhaut wird durch die Erregung derselben nicht nur an der gereizten Stelle selbst verändert, sondern auch in ihrer Nachbarschaft. Wenn man nämlich einen farbigen Gegenstand auf weissem Grund betrachtet, so erscheint der letztere alsbald gleichfalls gefärbt und zwar in der complementären Farbe. Man nennt dann letztere Contrastfarbe. — Ein kleiner Apparat, den man sich von dicker Pappe leicht anfertigen kann, zeigt die Contrastfarben für viele Augen sehr schön. Er besteht aus einer vertikalen Wand mit weissem, und einem Boden mit schwarzem Papier überzogen. Auf der Mitte der weissen Wand ist ein schwarzer, kreisrunder Fleck angebracht, auf der schwarzen ein eben solcher, aber weisser. Unter einem Winkel von 45° gegen beide Wände geneigt, kann eine farbige Glasplatte eingefalzt werden. Hält man nun das Auge so, dass es auf den schwarzen Fleck der weissen Wand fällt, auf dem sich nun auch der weisse Fleck des schwarzen Bodens spiegelt, so erscheint dies Spiegelbild nicht schwarz, sondern in einer

---

1) Man vgl. bes. Fechner in Poggend. Ann. Bd. 50, p. 220. — Séguin in Ann. de chim. 3e. Ser., Bd. 41, p. 415. — Aubert in Moleschott's Unters. 1859. V, 279. — Helmholtz, Phys. Optik. p. 371.

Digitized by Google

Farbe, welche complementär zu der Farbe des Glases ist. Ist also das Glas grün, so erscheint der Fleck roth auf grünem Grunde.

709. Der weisse Grund, auf welchem eine rothe Oblate liegt, erscheint anfangs grün, später röthlich, d. h. also zuerst in der complementären Farbe, später in der Farbe, welche die Netzhaut erregt hat. Doch sehen dies nicht alle Augen, es hängt vielmehr von dem Erregbarkeitszustande ab. — Man kann bei den Contrastfarben sich vorstellen, dass durch das farbige, z. B. rothe Object auf weissem Grunde, in den Centraltheilen die Fasern, welche von dem rothen Lichte nicht affizirt werden, aber in dem beleuchteten Raume liegen, also die für gelbes und blaues Licht affizirbaren, in eine Art von Spannung gerathen, welche sich auch den benachbarten Fasern derselben Art mittheilt. Daher werden im weissen Grunde die den blauen und gelben Strahlen, d. h. den grünen entsprechenden Fasern erregt; das Auge sieht um die rothe primäre Farbe einen grünen Rand, der sich dann noch weiter ausbreitet. Dauert die Reizung länger, so macht sich auf den Nerventheilchen, welche durch die weisse Fläche nicht erregt worden sind, also den rothen Strahlen entsprechen, ein Übergewicht geltend, und es erscheint der anfangs grünliche Grund jetzt roth.

Inducirte Farben.

710. Von den Contrastfarben unterscheidet man nach Brücke die inducirten Farben, welche entstehen, wenn auf schwarzem Grunde ein farbiges Object, oder auf farbigem Grunde ein schwarzes Object befindlich ist.

Farbige Schatten.

711. Die Contrastfarben kann man auch durch die sog. farbigen Schatten zeigen. Lässt man durch ein farbiges, z. B. grünes Glas auf ein Blatt weisses Papier Licht fallen, so erscheint dasselbe bekanntlich grün. Hält man nun einen Bleistift gegen das grünliche Papier, so dass dasselbe einen Schatten wirft, so hat dieser die complementäre Farbe, er ist röthlich. [1])

3) Bewegung.

3) Motorische Actionen. a) Verschliessung des Auges.

712. Der m. orbicularis palpebrarum schliesst nicht nur das ermüdete Auge während des Schlafes, und ist dabei activ thätig, sondern auch, wenn ein Reiz die conjunctiva trifft (Reflexbewegung), und wenn überhaupt eine Verschliessung zum Schutze des Auges dient. Den letzteren Zweck erfüllen auch die Wimpern und Augenlider.

---

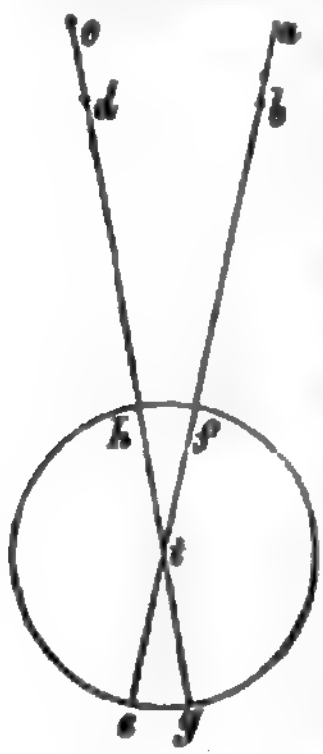
1) Man vgl. über Contrast- und inducirte Farben Fechner in Poggend. Ann. Bd. 50, p. 433. — Brücke, ebendas., Bd. 84, p. 418. — Meyer, Bd. 95, p. 170. — Helmholtz, l. c., p. 388.

Digitized by Google

713. Da nur ein kleiner Theil der Netzhaut zum scharfen und deutlichen Sehen disponirt ist, so muss das Auge bei genauer Betrachtung eines Objectes von Punct zu Punct an demselben vorübergeführt werden, ungefähr wie beim Tasten die Fingerspitzen an den Theilchen der zu untersuchenden Gegenstände vorübergleiten. Aus diesem Grunde muss das Auge einer leichtauszuführenden, vielseitigen Bewegung fähig sein.

Drehpunct. 714. Die wesentlichsten Bewegungen des Auges bestehen in Drehungen des bulbus, bei welchen ein Punct im Raume (der Drehpunct) feststeht, um welchen sich die übrigen Puncte nach unendlich vielen Richtungen bewegen können. Man findet nach Volkmann den Drehpunct des Auges leicht auf folgende Weise. Bei durchaus feststehendem Kopfe visirt man zuerst die Stecknadeln $a\,b$, welche so auf einem Brette aufgesteckt sind, dass b vollständig a deckt, sodann in derselben Weise $c\,d$, nachdem das Auge O erst so gestellt worden, dass $a\,b$ die Forsetzung der Sehaxe $e\,f$ ausmacht, und dann wieder so, dass es mit $g\,h$ in eine Linie zusammenfällt, indem in beiden Fällen die Puncte b und d fixirt werden, daher c und g die Stelle des gelben Fleckes bedeuten. Die Entfernung von b bis zur Wölbung der cornea, also $b\,f$, sowie $d\,h$ kann direkt gemessen werden. Verlängert man nun f und h, bis sie sich

Figur 236.



schneiden, so ist i der Drehpunct. Wenn das Auge eine Kugel wäre, so würde i genau im Centrum liegen. Die Beobachtungen, welche Volkmann [1]), Burow [2]), Valentin [3]) angestellt haben, lehrten, dass er ungefähr in der Mitte der Sehaxe liegt. — Im Mittel fand er sich 12,3 mm hinter der Vorderfläche der Hornhaut. Die Sehaxe hat eine Länge von 23 bis 25 mm.

715. Zur Untersuchung der verschiedenen Drehbewegungen des Auges hat man einige Bezeichnungen allgemein angenommen. Den grössten Kreis, welchen eine durch den Drehpunct, die Mitte der Hornhaut und das Centrum der Netzhaut gelegte vertikale Ebene abschneidet, heisst der vertikale Meridian. Denkt man sich eine gerade Linie von der Mitte des Ursprungs eines Muskels bis zur

1) Volkmann. Neue Beiträge z. Physiol. des Gesichtssinnes. Leipz. 1836, und Sehen in Wagner's Handwörterb. III, a.

2) Burow, Beiträge zur Physiologie und Physiologie d. menschlichen Auges. Berl. 1842.

3) Valentin, Lehrb. d. Phys. II. b., p. 80.

Digitiz Google

Mitte seiner Insertion, und legt man durch diese Linie und den Drehpunct eine Ebene, so heisst dieselbe Muskelebene; eine Linie, welche auf dieser Ebene senkrecht im Drehpuncte steht, heisst die Drehungsaxe des Muskels. — Obgleich nun genau genommen vier von den sechs Augapfelmuskeln ihre eigene Drehungsaxe haben, so fallen doch auch die Muskelebenen dieser vier, nämlich des m. rectus, superior und inferior, sowie der obliqui so nahe zusammen, dass man ohne grosse Ungenauigkeit zur Vereinfachung drei Muskelebenen und drei Drehungsaxen annehmen kann. Genau richtig ist dies für die m. rectus internus und externus, welche sich um die Höhenaxe drehen. Sie schneidet auf dem Drehpunct die Schaxe unter einem rechten Winkel. Um die zweite feststehende Queraxe liegen die Muskelebenen des m. superior und inferior; um die dritte Tiefenaxe die Muskelebenen der m. obliqui. — Endlich muss man noch eine Ruhelage oder Primärstellung des bulbus annehmen, bei welcher die Sehaxe gradeaus horizontal gerichtet ist, und senkrecht auf der vertikalen Angesichtsfläche steht.

M. recti.

716. Um die vertikale Höhenaxe zieht der m. rectus internus die Hornhaut, von deren Rande sein Ansatz nur 5,5 mm entfernt liegt, nach Innen; der externus, welcher etwas weiter entfernt von dem Hornhautrande sich ansetzt, die cornea nach Aussen. Die Muskelebene für den m. rectus superior und inferior liegt im Ganzen vertikal, verläuft indess von Innen und Hinten nach Aussen und Vorn, und schneidet die Sehaxe in einem Winkel von 20°. Um die horizontale Drehungsaxe wendet der r. superior die Hornhaut nach Innen und Oben, und der r. inferior nach Innen und Unten. Die Insertion der Sehne des r. superior liegt am innern Ende 1 mm näher dem Hornhautrande, als am äussern Ende, weshalb auch die Drehung zugleich nach Innen gerichtet ist.

M. obliqui.

717. Der m. obliquus superior entspringt hinten am foramen opticum, und läuft an der innern Seite der orbita nach Vorn, aber am vordern Auge angelangt, geht seine Sehne bekanntlich durch einen an der innern, vordern Orbitalwand angewachsenen Ring, und von diesem Ringe wendet sie sich nach Hinten und Aussen. Die Sehne wird natürlich nicht in der Richtung nach dem foramen opticum, sondern nach dem Ringe hin, und weil sie sich an den hintern Umfang der obern Fläche der sclerotica befestigt, nach Vorn gezogen. Daher wird der obere und hintere Umfang der sclerotica nach Innen und Vorn gewendet; demgemäss die cornea und Pupille nach Unten und Aussen. Durch den m. obliquus inferior wird gleichfalls der bulbus nach Innen und Vorn gewendet, aber an seinem untern Theile; die cornea und Pupille demgemäss nach Oben und Aussen. — Die

Digitized by Google

Muskelebene dieser beiden Muskeln liegt vertikal, geht von Hinten und Aussen nach Vorn und Innen, und schneidet die Sehaxe unter einem Winkel von 55°. Die Drehaxe liegt horizontal, und macht mit der Sehaxe einen Winkel von 35°. — Der vertikale Meridian wird vom obliquus superior und rectus superior nach Innen, vom obliquus inferior und rectus inferior nach Aussen geneigt.

Beobachtung der Bewegungen des lebenden Augapfels.

718. Um die Bewegungen, welche am bulbus ausgeführt werden können, wahrzunehmen, lasse man einen Menschen hinter einander einen Gegenstand, z. B. einen Finger fixiren, welchen man in verschieden grossen, mit der Gesichtsfläche parallelen Kreisen vorbeiführt. Man sieht an der cornea und der Pupille, dass sich der Augapfel aus seiner Ruhelage gleichfalls vollständig im Kreise drehen, und dem Finger folgen kann. — Man beobachte ferner, wenn die Augen bei unverrücktem Kopfe einen gegenüberstehenden Gegenstand, an dem einzelne Abtheilungen leicht zu unterscheiden sind, z. B. eine Tapete, betrachten, und zwar zuerst in der Richtung von Oben nach Unten und von Unten nach Oben, sodann von Rechts nach Links und von Links nach Rechts, endlich der Tiefe nach etwa einen Fussteppich von Vorn nach Hinten und von Hinten nach Vorn. — In diesen drei Hauptbewegungsarten sieht man den bulbus bei der ersten und dritten im Allgemeinen den bulbus von Oben nach Unten und umgekehrt sich bewegen, bei der zweiten nach Rechts und Links. — Da der rectus superior die Hornhaut nach Oben und Innen, der obliquus inferior nach Oben und Aussen wendet, so bringt ihr Zusammenwirken die Hornhaut grade nach Oben, und umgekehrt verhält es sich, wenn rectus inferior und obliquus superior gemeinschaftlich thätig sind. — Soll die Hornhaut weiter nach Innen und nach Oben gewendet werden, so verbindet sich mit dem rectus superior der internus, und so nehmen gewöhnlich an den einzelnen Augenbewegungen verschiedene Muskeln Theil. [1])

719. Während des Schlafes ist das Auge nach Innen und Oben, oder nach Innen und Unten gewendet. Gleichzeitig ist die iris verengt.

720. Die Schnelligkeit, mit welcher sich die Bewegungen eines Auges nach verschiedenen Richtungen hin folgen, hängt, wie dies bei allen Bewegungen der Fall ist, hauptsächlich von der Übung

---

1) Über das Speziellere der Augenbewegungen vgl. Gudden, De motu oculi. Diss. Hal. 1848. — Tourtual in Müller's Arch. 1846. — Donders in Holländ. Beitr. I, 105. — Volkmann in Wagner's Handwörterb. III. a. — Meissner in Archiv für Ophthalm. 1856. I. — Fick in Med. Physiologie. Braunschw. 1856. und Zeitschr. für rat. Med. N. F. IV, 101 — V, 331. Besonders lehrreich für das Studium der Augenbewegungen ist das von Ruete erfundene Ophthalmotrop.

Digitized by Google

ab. Da aber das Auge darin sehr wenig geübt wird, z. B. sich nach Oben und Unten wiederholt zu wenden (während die Finger eine grosse Übung in solchen Bewegungen, z. B. durch das Schreiben, Klavierspielen u. s. w., erlangen), so folgen sie sich auch in einer gewissen Zeit ungefähr sechs Mal langsamer an den Augen, als an den Fingern. Volkmann richtete seine Augen auf zwei Nadeln, welche in verschiedener Entfernung und Richtung standen, nach einander. Er fand z. B., dass, wenn er zwei Nadeln, welche 10″ von einander entfernt in einer horizontalen Ebene standen, abwechselnd mit einem Auge fixirte, auf eine Bewegung 25 bis 26 Tertien kamen. Diese Versuche ergeben keine Bestimmung für die Schnelligkeit der Bewegung, sondern die gefundene Zahl ist die Summe der Schnelligkeit der Bewegung, und der Pause zwischen der einen und der folgenden Bewegung. —

Gesichtskreis.

721. Der Umfang, in welchem die Objecte gesehen werden können, heisst der Gesichtskreis. Der einfachste Gesichtskreis und der kleinste ist der Umfang, in welchem von einem unbewegten Auge Gegenstände gesehen werden können. Er verändert sich im Verhältniss zur Entfernung.

722. Der ausgedehnteste Gesichtskreis ist derjenige, welcher durch beide Augen und zwar sowohl nach horizontaler, als nach verticaler Richtung umschrieben wird. Es wächst aber desshalb der Gesichtskreis, weil rechts liegende Objecte in grösserem Abstande vom rechten, und links liegende Objecte in grösserem Abstande vom linken Auge gesehen werden; nicht aber etwa desshalb, weil beide Augen divergirend sehen, was nicht normal ist. Vielmehr werden beide Augenaxen gleichzeitig nach dem jedesmal besonders fixirten Puncte gerichtet.

4) Psychische Thätigkeit.

Übersicht

723. Nachdem das Retinabild empfunden worden ist, entsteht durch die Thätigkeit der Seele eine Vorstellung von demselben, indem alle die einzelnen empfundenen Puncte zu einem Ganzen vereinigt, demselben ein bestimmter Ort im Raume, seine Stellung zu andern Objecten, seine Grösse, Gestalt, Körperlichkeit, Einheitlichkeit gegeben werden.

Aussenwelt.

724. Durch den Tastsinn zunächst wird auch der Seele das nöthige Material geliefert, um den Begriff einer Aussenwelt zu bilden. Indem wir unsern Körper fühlen, wissen wir auch, wo er aufhört, und von andern Körpern begränzt wird. Durch diese Erfahrung getragen, setzen wir auch die gesehenen Objecte nach Aussen. Dieser Act ist aber nicht etwa ein organischer, sondern er will

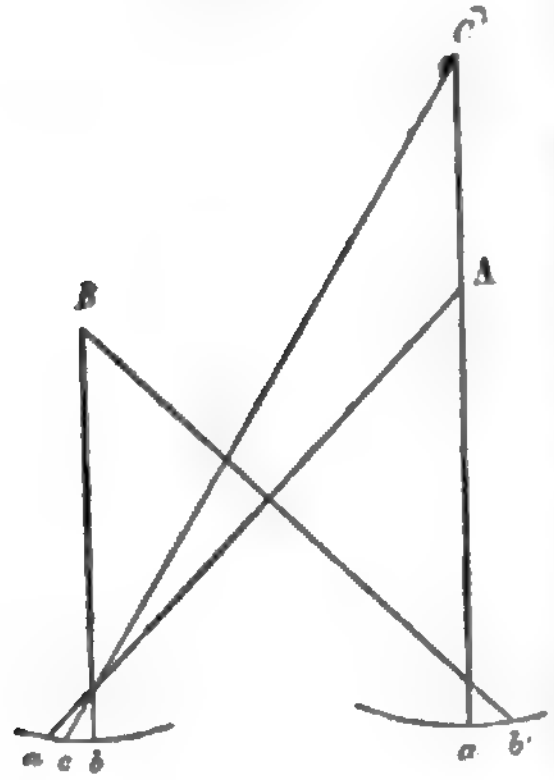
Digitized by Google

nichts Anderes sagen, als dass wir aus andern Erfahrungen zu dem Urtheile kommen, die Objecte gehörten nicht uns an. — Auch von den Gesichtseindrücken, welche nicht aus objectiven Ursachen hervorgehen, von den subjectiven, urtheilen wir anfangs, dass sie nicht dem Auge, sondern der Aussenwelt angehören, bis später die Tastempfindung oder die Überlegung den Irrthum nachweisen.

Gegenseitige Stellung der Objecte.

725. Die Stellung der einzelnen Gegenstände zu einander wird von der Stellung der Bilder auf der retina bestimmt. Wenn wir gleichzeitig die Bilder zweier Objecte *A* und *B* auf der Netzhaut des rechten Auges haben, so sehen wir das Object *B* bei verschlossenem linken Auge links vom Objecte *A*, weil, wie oben erörtert, alle Bilder verkehrt stehen, aber recht gesehen werden. Ist hinter *A* ein Object *C*, so wird es bei verschlossenem linken Auge durch *A* verdeckt, und vom rechten Auge nicht gesehen, wohl aber *B*. Schliesst man nun das rechte Auge, und öffnet das linke, so sieht man *C*, dessen Bild *c* auf der Netzhaut rechts von *a* steht, links von *A*. — Hält man zwei Finger so vor das Auge, dass der Finger *A* in gerader Linie vor dem Finger *C* steht, und dass das rechte Auge bloss *A* sieht, schliesst dann dasselbe, und öffnet das linke, so glaubt man, der vordere Finger wäre weiter nach Rechts gerückt. — Man kann leicht diesen Versuch mehrfach modificiren.

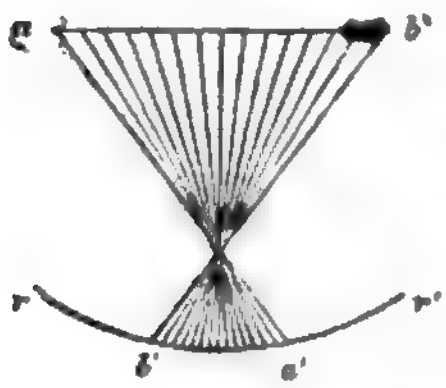
Figur 237.



Aufrechtsehen.

726. Richtung der Strahlen. Wenn man die rechte Hand auf Wasser legte und es schlüge eine Welle erst an den Ring- und im nächsten Augenblick an den kleinen Finger, so wird man urtheilen, dass die Welle eine Richtung von Links nach Rechts habe. — Auf ähnliche Weise könnte man sich vorstellen, dass die Retinaelemente die Richtung der Strahlen durch Urtheil wahrnehmen. Wenn also Fig. 238 *r r'* die rechte retina ist, so würden die Strahlen, welche vom links liegenden Puncte *a* ausgehen, den rechts liegenden Retinapunct *a'* treffen und so weiter, bis *b'*. Eine solche Annahme lässt sich jedoch nicht festhalten; denn wir fühlen auch mit unserm Tastorgane nicht die Richtung eines Objectes, sondern nur durch unser Urtheil nehmen wir dieselbe wahr. Wenn ein Haut-

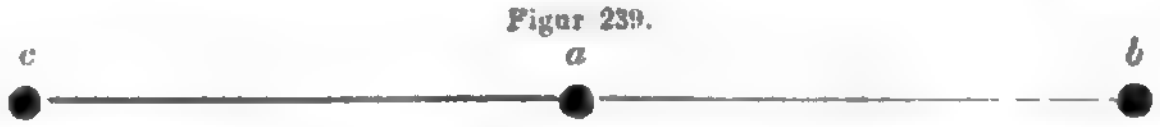
Figur 238.



theilchen verschoben wird, beispielsweise von Oben nach Unten, und wir haben in unserm sensorium ein Bild von diesem Theile unserer Hautoberfläche, so fühlen wir, dass das unten gelegene Hauttheilchen irritirt worden ist, und dadurch schliessen wir auf die Richtung. — Das ist aber bei der retina keineswegs der Fall. Wir haben kein Bild von derselben in uns, weil die Theile derselben nicht beweglich sind. Anders ist es z. B. an unsern Fingern, deren Glieder wir alle vielfach bewegen können, und eben durch die Anwendung dieser Bewegung einestheils, sowie durch die Verschiebbarkeit der Hauttheilchen andererseits, haben wir eine so vollständige Lokalkenntniss, dass jede Verrückung dieser Theilchen sogleich uns bewusst wird, und zu einem Urtheile veranlasst. —

Eben so wenig, wie die Hautnerven die Richtung eines Eindruckes empfinden, eben so wenig vermag dies auch der Sehnerv. Jede Affection der retina wird von der Seele als eine eigenthümliche empfunden, und dadurch unterscheiden wir die Eindrücke von Licht, Farben u. s. w. Eine zweite Erscheinung, ausser der Empfindung an sich, besteht darin, dass die Seele die Empfindung nicht an den affizirten Ort, sondern nach Aussen verlegt, und zwar der Art, dass jeder Bildpunct der retina an den Objectpunct versetzt wird. — Aber eben so wenig, wie wir die gegenseitige Lage der einzelnen Theilchen der retina zu einander kennen, ebenso wenig erfahren wir durch unsere Empfindung etwas von der Lage der einzelnen Puncte des Objectes zu einander, oder des ganzen Objectes zu andern. Es ist daher an sich ganz gleich, an welcher Stelle der retina die Bildpuncte eines Objectes liegen, wir urtheilen von dieser Stellung noch nicht auf das Lageverhältniss zu unserm eignen oder zu andern Körpern. Nun aber tritt noch ein andres Moment hinzu. Wir bewegen unser Auge oder selbst unsern Kopf an dem zu sehenden Gegenstande vorüber. Betrachten wir z. B. die beistehende Fig. 239, und zwar zunächst mit dem rechten Auge allein, so muss dasselbe, um den Weg von *a* bis *b* zurückzulegen, von Rechts nach Links sich drehen, d. h. nach Innen,

Figur 239.



immer mehr und mehr. Diese Bewegung fühlen wir, und wissen, dass wir von Theilen der rechten Körperseite unser Auge entfernen, und Theilen der linken dasselbe nähern. Wir schliessen daher, dass der Punct *b* mehr nach Links steht als *a*, obgleich dies auf der retina sich anders verhält. Volkmann hat die Wichtigkeit des Muskelgefühls bei diesem Akte hervorgehoben.

727. Bei dem Aufrechtsehen kommt auch noch eine Vergleichung der Sehempfindung und des allgemeinen Gefühls in Betracht.

Digitized by Google

Die Begriffe von Oben und Unten sind aus Bezeichnungen entstanden, welche aus dem Verhältnisse unsers eigenen Körpers zu der Erde entnommen worden sind. Die Endfläche unsers eigenen Körpers, welche mit den Füssen die Erde berührt, wird die untere, die entgegenstehende die obere genannt. Der erstere Begriff „Unten" hat seinen ersten Ursprung in einem Gefühlseindrucke, und aus ihm ist durch Combination anderer Vorstellungen der zweite Begriff „Oben" entstanden. Hat sich aber ein Mal in unserer Seele jener Begriff von «Unten» auf diese Weise gebildet, so werden wir instinctmässig allen Empfindungen, welche durch das Gesicht gewonnen worden sind, sogleich eine Deutung hinzufügen, welche wir durch das Gefühl erhalten haben. Was also auf dem Bilde der retina der Erde näher ist, wird durch einen leicht zu bewirkenden Vorstellungsact als der untere Theil desselben angesehen. — Dies lässt sich auch auf die Begriffe „Rechts" und „Links" anwenden.

Wenn man eine Lichtflamme längere Zeit fixirt, bis ein Nachbild entstanden ist, und dann das Auge absichtlich hin und her bewegt, so folgt das Nachbild den Bewegungen desselben; es steigt nach Oben, wenn man das Auge hebt, u. s. w. Wird der Kopf zur Seite nach der Schulter gewendet, so folgt das Bild der Bewegung des Kopfes, und nimmt zugleich eine schiefe Lage an. [1])

Urtheil über Bewegung.

728. Wir urtheilen, dass ein Object sich bewegt, wenn bei ruhendem Auge und Kopfe dasselbe aus unserm Gesichtskreise schwindet, oder wenn wir eine Bewegung machen müssen, um es fortan sehen zu können. Wenn unser Auge ruhig ist, und unser Körper wird passiv bewegt, z. B. beim Fahren, so glauben wir, dass die Objecte, an welchen wir vorüberfahren, sich selbst bewegten.

Urtheil über Entfernung.

729. Das Auge ist für unendliche Entfernung eingerichtet. Nähert sich ein Gegenstand dem Auge, so muss dasselbe Bewegungen zur Hervorwölbung der Linse machen. Obwohl diese Linsenbewegung ausserordentlich wenig beträgt, so wird doch die zur Contraction des tensor chorioideae (p. 848) und der iris nothwendige Anstrengung gefühlt. Dieses Gefühl in seinen verschiedenen Abstufungen ist mithin nur ein anderer Ausdruck für die Entfernung; denn man fühlt gewissermassen die Entfernung, indem man die Muskelbewegung fühlt. Um die Entfernung zu schätzen, bedarf es nur eines bekannten Masses. Dieses bietet das Gefühl an unserm Körper dar. Das Bewegungsgefühl, welches wir in den Händen, den Armen, kurz allen Extremitäten haben, also an Theilen, die wir immer durch den Tast- und Gesichtssinn zu beobachten im Stande sind, ist gewissermassen

---

1) Volkmann in Wagner's Handwörterbuch. III a, p. 340.

Digitized by Google

die Elle, mit der man das Gefühl an andern Orten misst, und in unserm Falle insbesondere das mit der Accommodationsbewegung verbundene Gefühl. — Wenn z. B. ein Gegenstand um die Länge eines Armes von uns entfernt ist, so können wir ein Maass dieser Entfernung, ohne zu sehen, durch das Gefühl erhalten, welches mit der Bewegung verbunden ist, indem wir danach greifen oder unsern Arm bis an den Gegenstand legen. Blicken wir nach demselben Gegenstande, so können wir das Accommodationsgefühl, welches nothwendig ist, mit jenem bekannten Gefühle vergleichen und schon durch das blosse Sehen die Entfernung schätzen.

730. Indess wird durch dies Gefühl allein die Entfernung eines Objectes nicht bestimmt, ja nicht einmal hauptsächlich. Denn es ist offenbar, dass wir zur Bestimmung der Entfernung des Zusammenwirkens beider Augen bedürfen; während wir dieselbe mit einem Auge allein oft falsch schätzen, und sogar nach einem Gegenstande falsch greifen, wenn das eine Auge geschlossen ist. Hängt man an einem Faden einen Ring auf, der einen innern Durchmesser von ungefähr 2″ hat, und sucht mit einem Haken, der an einem 2′ langen Stock befestigt ist, in den Ring hineinzufahren, so gelingt dies sehr leicht, wenn man beide Augen gebraucht; hingegen irrt man sehr oft, wenn man ein Auge schliesst. So ist es auch schwer, mit einem Auge eine Nadel einzufädeln. Wir projiciren nämlich einen Punct, den wir fixiren, dahin, wo die Richtungs- oder Projectionslinien, welche von dem auf jeder Netzhaut entstandenen Bildpuncte bis zum Objectpuncte verlaufen, in Fig. 239 (p. 907) $d\,\delta$ und $c\,\gamma$, sich schneiden, also in k. Wir haben zwar kein unmittelbares Bewusstsein von der Kreuzung dieser Projectionslinien, sondern es beruht dies auf gewissen Urtheilen. Wenn wir die Entfernung nicht in den Kreuzungspunct verlegten, so müssten wir sie an andere Stellen der Projectionslinie setzen. Dann würde aber, weil es nur einen Kreuzungspunct gibt, der Objectpunct uns als ein doppelter erscheinen müssen. Wir würden dann jedes Object doppelt sehen, das eine erschiene uns näher, das andere entfernter. Durch vielfache Erfahrung, wie auch durch Betrachtung der Nebenumstände werden wir aber im Momente darauf hingewiesen, dass ein Irrthum obwaltet, und dass nur ein einfaches Object vorhanden sein kann. Wir suchen also gewissermassen im Raume die Stelle, an welche allein die Einheit gebunden ist, nämlich die der Kreuzung der Projectionslinien.

731. Da beim Fixiren das Bestreben vorhanden ist, den gelben Fleck und somit auch die Sehaxe dem Objecte entgegenzustellen, so müssen beim Anblicke naher Gegenstände die beiden Augen convergiren, beim Sehen in die Ferne hingegen sich mehr parallel stellen.

Digitized by Google

Die dazu erforderlichen Muskelbewegungen werden gefühlt und auch durch diese Gefühle ist ein Mass für die Bewegungen gegeben.

732. Die Beurtheilung der Entfernung eines Objectes wird im Verhältnisse schwieriger, als die Accommodations- sowie die Fixationsbewegungen des Auges und die damit verbundenen Gefühle geringer werden. Je entfernter aber ein Object wirklich ist, desto unbedeutender ist die Accommodation. Man ist daher mehr den Täuschungen ausgesetzt und bedarf desshalb noch anderer Unterstützungsmittel.

733. 1) Das entferntere Object wird bei Fixation des nähern, welches in gleicher Linie liegt, ganz oder theilweise verdeckt. 2) Da die Grösse vieler Objecte in der Nähe bekannt ist und man durch Erfahrung weiss, dass dasselbe Object mit seiner Entfernung an Grösse abzunehmen scheint, so urtheilen wir aus der Kleinheit eines bekannten Objectes auf seine Ferne. 3) Die Menge von Objecten zwischen dem zu sehenden Gegenstande und dem Auge gibt gleichfalls einen Anhaltepunct. 4) Das Gefühl der Augenstellung beider Augen ist, nach Volkmann, das wichtigste Moment, um die Entfernung abzuschätzen, indem die Sehaxen stärker convergiren zum Sehen naher, als ferner Gegenstände, also eine verschieden starke Contraction der m. recti interni gefordert und gefühlt wird. — Je mehr sich die Sehaxen dem Parallelismus nähern, um so entfernter erscheint uns derselbe. — Ein interessanter Versuch ist von H. Meyer [1]) angegeben. Man befestige einen mit congruenten Figuren bedeckten Papierbogen an die Wand und betrachte ihn; dann wird man das Bild desselben in der entsprechenden Grösse und Entfernung erkennen. Man bewege darauf beide Augen nach Aussen, als ob man einen beliebigen Punct hinter dem Bogen fixiren wollte; man erhält dadurch Doppeltbilder, welche man durch Bewegung des Kopfes und der Augen beliebig hin und her führen kann. Führt man diese Bilder nun so, dass sie sich gegenseitig decken, indem immer das rechte Bild der einen Figur und das linke Bild der zunächst nach Rechts von derselben liegenden Figur zusammenfallen, so sieht man in dem Augenblicke, in welchem die Bilder zusammenfallen, keine Doppeltbilder mehr, sondern nur einfache Figuren, diese scheinen aber ferne gerückt und vergrössert. — Bringt man darauf Doppeltbilder dadurch hervor, dass man einen näher vor dem Bogen gelegenen Punct fixirt, so bemerkt man in dem Augenblicke, in welchem die Doppeltbilder zusammenfallen, nur noch einfache Figuren, aber der ganze Bogen ist plötzlich sehr bemerklich näher gerückt und die Figur erscheint bedeutend kleiner. —

1) H. Meyer in Archiv für phys. Heilk. 1842. I, 316.

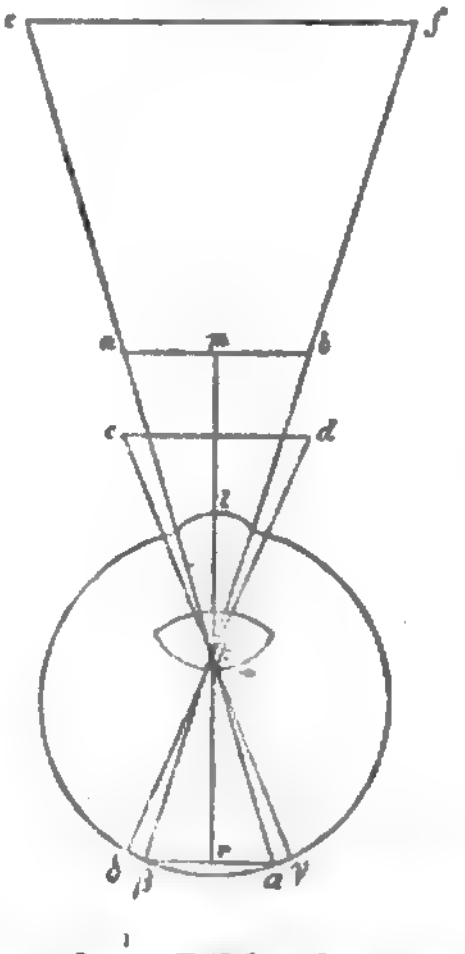
Digitized by Google

734. Über die Beurtheilung der Entfernung vgl., was über das Einfachsehen gesagt ist.

735. Es könnte auffallen, wesshalb uns die Objecte, welche wir sehen, viel grösser erscheinen, als deren Bilder auf der retina sind. Man kann sich dies erklären, wenn man das Sehen als eine Einwirkung der Lichtwellen auf die Netzhaut sich vorstellt. Wenn die Lichtwellen von einem grössern, z. B. 2″ langen beleuchteten oder leuchtenden Objecte ausgehen, so bekommen die Nervenelemente der Netzhaut sehr viele Stösse, welche aber auf einen engen Raum sich beschränken. Das Urtheil über die Grösse hängt nämlich zunächst von der Menge der percipirenden Elemente der Netzhaut ab. Wenn viele Nervenfasern von diesen Wellen getroffen werden, so halten wir einen Gegenstand für grösser, als im umgekehrten Falle. Grösse.

Daher beurtheilen wir die Grösse eines Objectes nach der Grösse des Sehwinkels, oder mit andern Worten nach der Ausdehnung, welche die Richtungsstrahlen auf der retina einnehmen. Desshalb erscheint uns ein Stab, der 100′ entfernt ist, kleiner, als ein gleich langer Stab, der vor ihm in gleicher Ebene liegend, nur 50′ vom Auge entfernt ist, und ein viel längerer, weit entfernter Stab erscheint so gross, als der nahe. — *e f* und *a b* der beistehenden Figur erscheinen beide unter dem Winkel *e k f* und nehmen beide die gleich ausgedehnte Stelle α β der Netzhaut ein.

Figur 240.



Dass ein Object uns grösser erscheint, wie sein Bild auf der Netzhaut, zeigt, dass die Netzhaut nicht selbst sich empfindet, auch dass die Seele nicht in der Weise von dem Bilde der retina affizirt wird, als würde dasselbe angeschaut, sondern sie construirt sich aus der Anzahl von Eindrücken, welche sie durch die entsprechende Anzahl von percipirenden Nerventheilchen erhält, ein Bild, dessen Grösse der Summe der erregten Nerven proportional ist.

Bei der Beurtheilung der Grösse kommt wohl auch die Vergleichung mit dem Tastsinn in Betracht. Wird ein äusseres Object von einem fein fühlenden Hauttheile berührt, so wird eine Anzahl von Primitivfasern afficirt. Wird derselbe Gegenstand von der retina gesehen, so nimmt das Bild desselben auf der retina einen viel kleinern Raum ein, als auf der Haut, aber es werden viel mehr Nervenprimitivfasern getroffen, und wir halten das durch die retina gesehene

Digitized by Google

Bild einer Fläche angehörig, welche auf der Haut, wo die Primitivfasern viel weniger nahe liegen, viel grösser sein muss. — Der Blindgeborne des Dr. Franz fand die ihm durch das Getast bekannten Gegenstände weit grösser, nachdem er sein Gesicht wieder erhalten hatte, als er erwartet hatte. Vergl. Volkmann in Wagner's Handwörterbuch: Sehen.

736. Auf die Grössenbeurtheilung hat auch das Accommodationsvermögen Einfluss. Diess sieht man besonders daraus, dass ein Nachbild von einer Flamme viel kleiner erscheint, wenn wir dabei das Auge für die Nähe, als für die Ferne accommodiren. Nach H. Meyer[1]) halten wir auch ein Object, welches wir mit zwei Augen anblicken, für grösser, wenn der Convergenzwinkel der Sehaxen kleiner wird.

Einfachsehen mit zwei Augen.

737. Obwohl auf der Netzhaut eines jeden Auges das Bild eines zu sehenden Objectes sich darstellt, und man erwarten sollte, dass alle Gegenstände doppelt gesehen werden, so ist dies doch bekanntlich keineswegs der Fall. Man muss vielmehr sich besonderer Anordnungen bedienen, um Doppeltsehen hervorzubringen, und andrerseits können sogar unter den geeigneten Umständen zwei Bilder von zwei Objecten zu einem einzigen gemeinschaftlichen vereinigt werden, wenn sie von beiden Augen gleichzeitig betrachtet werden, wie dies durch das allgemein bekannte Stereoskop geschieht. — Man muss also untersuchen, durch welche Mittel zwei Eindrücke zu einer Empfindung verschmolzen werden, ob das sensorium vielleicht schliesslich nur einen Eindruck empfängt, oder ob dasselbe sie nicht mehr zu unterscheiden vermag, weil sie zu grosse Ähnlichkeit zusammen haben, oder endlich, ob dasselbe aus zwei Empfindungen eine zusammenfügt, combinirt.

Doppeltsehen nicht fixirter Puncte.

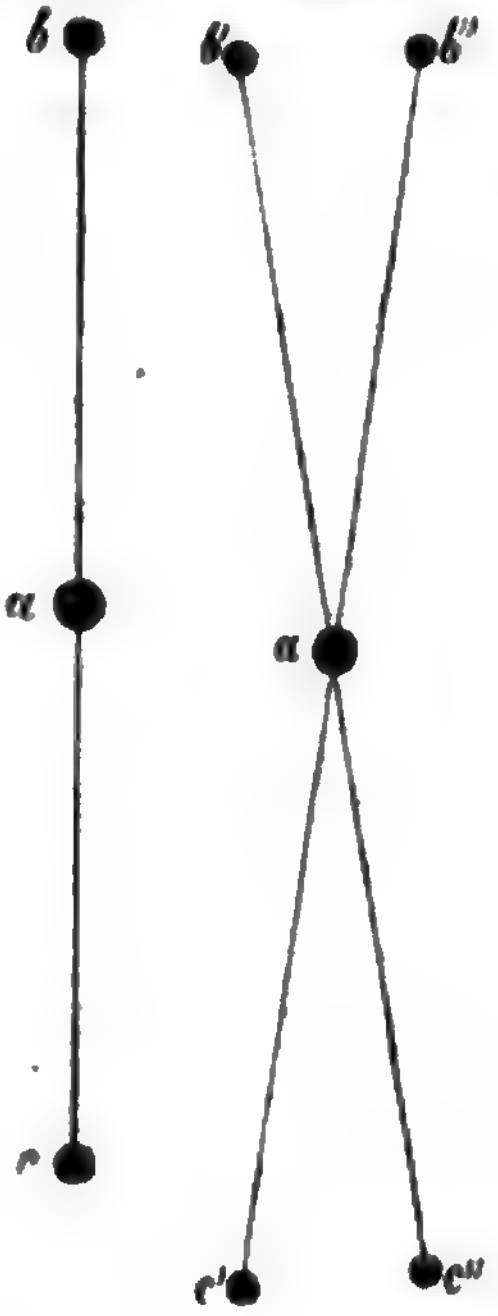
738. Es wird passend sein, zuerst die Fälle zu betrachten, wo ein einfaches Object doppelt gesehen wird. Wenn man, wie in Fig. 241, drei Puncte $a\,b\,c$ hinter einander aufzeichnet und das Papier horizontal in der richtigen Sehweite vor beiden Augen hält, unverrückt a fixirt, so sieht man gleichzeitig auch b und c. Bald bemerkt man jedoch, dass anstatt b und c je zwei Puncte gesehen werden, welche so liegen, wie es Fig. 241 andeutet. Die Linien kreuzen sich um so genauer im Puncte a, je schärfer derselbe fixirt wird. Schliesst man nun, während diese Scheitelwinkel deutlich vor den Augen sind, das rechte Auge, so schwindet plötzlich die Linie $b''\,c'$ mit den betreffenden Puncten, schliesst man hingegen das linke Auge, so verschwindet die Linie $b'\,c''$ und in beiden Fällen hat man wieder $a\,b\,c$ vor sich. — Mir gelingt es nicht im Augenblick, wenn ich die Puncte vor mir

1) H. Meyer in Poggend. Ann. LXXXV, 198. — Vgl. auch Dove, ebend. LXXXI, 118. — Panum in Archiv für Ophthalm. V, 2.

Digitized by Google

habe, dieselben auch doppelt zu sehen, es vergeht vielmehr noch eine gewisse Zeit, ehe die Trennung eintritt. Auch nachdem ich recht deutlich die Doppeltpuncte vor Augen gehabt habe, und nun ein Auge schliesse, und dann wieder öffne, muss ich erst noch eine Weile warten, bis die Doppeltbilder hervortreten. — Den Meisten gelingt es aber, besonders wenn sie sich die nöthige Übung geschafft haben, im ersten Moment. Sehr viel hängt von der ruhigen Fixation ab, die geringste Bewegung der Augenaxen verändert sogleich die Winkel bei *a*. Mir erscheint stets früher *b' b'' a*, als *a c' c''*, was mit meiner Kurzsichtigkeit zusammen zu hängen scheint.

Figur 241. Figur 242.



Die Ebene, in welcher die Puncte in den eben beschriebenen Versuchen liegen, ist parallel einer horizontalen Ebene, welche durch die Sehaxen geht. Man nennt diese nach Meissner die Visirebene.

Wenn nun das Papier, auf welches die Puncte gezeichnet sind, auf derselben Ebene bleibt, aber seitwärts, d. h. nach Rechts oder Links hin gedreht wird, ununterbrochen aber der Punct *a* fixirt wird, so nähern sich die Doppeltpuncte immer mehr, und ehe noch die Linie *b c* mit dem queren Durchmesser beider bulbi parallel ist, sieht man alle Puncte einfach. Ist die Drehung in dem oben angegebenen Sinne von 0 bis 90° erfolgt, dann gehen die Puncte wieder allmählich aus einander, bis das maximum erreicht ist, wo nämlich die Linie *b c* parallel der Sehaxe liegt.

Bringt man nun das Papier aus der horizontalen Ebene, so dass die Linie *b c* allmählich der Höhenaxe des bulbus parallel steht, also in senkrechter Richtung gegen die Visirebene, so rücken die Doppeltpuncte immer mehr zusammen, und endlich decken sie sich, noch bevor das Papier vertikal, d. h. parallel zur Längenaxe des Körpers steht. Fährt man aber in diesem Sinne fort zu drehen, so dass dies Papier wieder horizontal und parallel der Visirebene zu liegen kommt, so aber, dass es jetzt oberhalb der Augen gehalten wird, so erscheinen wieder die Doppeltpuncte wie vorher, jedoch verschwindet jetzt *b'' c'*, wenn man das linke Auge schliesst, und *c' c''*, wenn man das rechte schliesst.

Wenn wir einen Punct irgend eines Gegenstandes fixiren, so können wir uns nach den drei Dimensionen des Raumes von diesem

Digitized by Google

Puncte aus drei Linien gezogen denken. Die eine steht vertikal nach Oben und Unten, die zweite nach Rechts und Links, die dritte nach Hinten und Vorn. Durch diese drei Linien sind angedeutet: erstens die Länge-, zweitens die Breite-, drittens die Tiefedimension. Weder in der ersten, noch in der zweiten Linie sehen wir die Puncte doppelt, wohl aber in der dritten. Wenn wir einen Papierstreifen, auf welchem drei Puncte gezeichnet sind, aus der ersten in die dritte Ebene bringen, so kommen die Doppeltbilder der nicht fixirten Puncte allmählich zum Vorschein, ebenso wenn wir aus der zweiten in die dritte den Papierstreifen bringen; nicht aber konnte ich sehen, dass Doppeltbilder entstehen, wenn ich den vertikal gehaltenen Papierstreifen in eine solche horizontale Richtung bringe, dass *b* Rechts und *c* Links liegt.

Horopter.

739. Man nennt die Linien, in welchen die andern ausser dem fixirten Puncte liegenden einfach, und nicht doppelt gesehen werden, die horopterischen Linien, und auch alle diese Linien zusammen den Horopter. Die oben angegebenen Resultate sind aus Versuchen hervorgegangen, welche ich und mehre meiner Zuhörer wiederholten, und, wie angegeben, fanden. Da über Bestimmung des Horopters die Angaben keineswegs übereinstimmen, so muss ich die wesentlichen hier erwähnen.

Identische Netzhautstellen.

740. J. Müller hat gefunden, dass es auf beiden Netzhäuten gewisse Stellen gibt, deren mechanische Reizung nicht zwei, sondern nur einen Lichteffect hervorbringt. Solche Retinastellen nennt man identische oder zugeordnete.

Denkt man sich beide Netzhäute auf einander gelegt, so sind alle die Stellen identisch, welche sich decken würden; also die innere Stelle des linken Auges ist identisch der äussern des rechten u. s. w.

741. «Wenn man im Dunkeln bei geschlossenen Augen eine bestimmte Stelle des Auges, und somit die Netzhaut an sich mit dem Finger drückt, so entsteht ein feuriger Kreis im Sehfelde. Drückt man in dem einen Auge den obern Theil mit dem Finger, im andern Auge den untern, so sieht man zwei feurige Kreise, einen obern und einen untern. Drückt man die äussern oder innern Seiten beider Augen, so entstehen jedes Mal zwei Figuren. Wird hingegen der Druck des Fingers im Dunkeln an beiden geschlossenen Augen unten angebracht, so erscheint nur ein feuriger Kreis oben in der Mitte des Sehfeldes; wird der Druck auf beiden Augen links angebracht, so erscheint ein feuriger Kreis rechts.» (J. Müller.)

742. Es gibt hienach in beiden Netzhäuten correspondirende Stellen, deren Empfindungen, von demselben Motive veranlasst, die Seele zu einer verschmilzt. Wenn man mit beiden Augen einen Gegenstand fixirt, so wird dieser am Schärfsten gesehen, aber gleich-

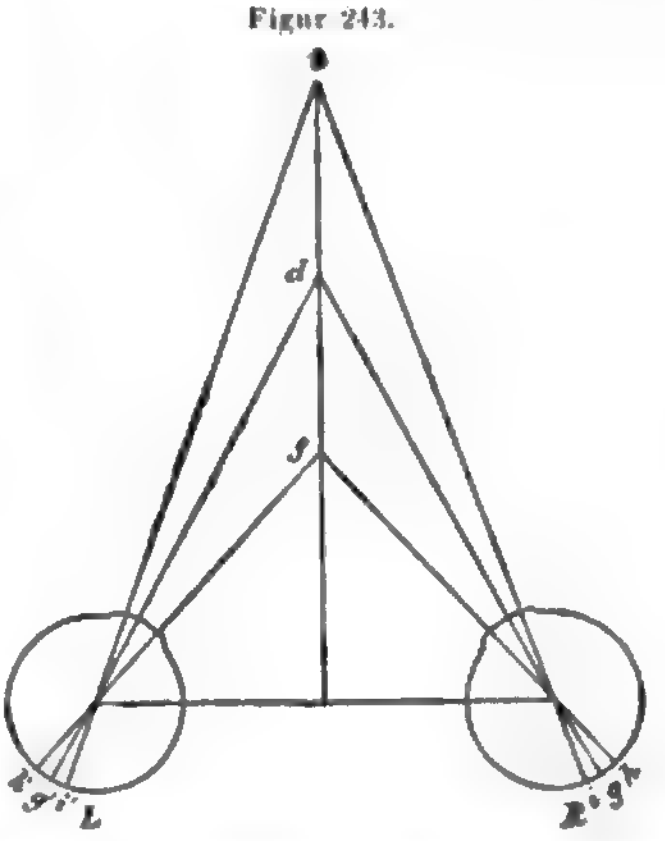
Digitized by Google

zeitig erblickt man an allen Seiten des fixirten Gegenstandes noch viele andere einfach. Wenn man durch alle die einfach gesehenen Puncte eine Linie zieht, so entsteht ein Kreis, den man den Horopter-Kreis nennt.

743. Alle Körper, welche auf correspondirende Stellen beider Netzhäute fallen, werden einfach gesehen; und im andern Falle doppelt. Werden die Augen so gerichtet, dass das von ihnen fixirte Object nicht mehr im horopterischen Kreise liegt, so wird dieses doppelt gesehen, weil es dann nicht mehr die identischen Retinastellen trifft. Steckt man drei Stecknadeln hinter einander in gerader Linie auf und fixirt eine, z. B. die mittlere, durch eine kleine Öffnung, so erscheinen die vordere und hintere doppelt. Das Bild der vordern Stecknadel auf der retina ist nämlich in beiden Augen nach Aussen, das Bild der hintern nach Innen von der Sehaxe; diese Stellen sind aber nicht identisch.

744. Wenn die beiden Augen *R L* den Punct (z. B. einen Stecknadelkopf) *d* fixiren, d. h. so gestellt sind, dass das Bild von *d* genau auf die Mitte der retina fällt, auf *g* und *g'*, so können gleichzeitig auch die Puncte *e* und *f* gesehen werden; sie erscheinen aber nicht einfach, sondern doppelt, denn das Bild von *e* fällt im rechten Auge auf *i*, und im linken Auge auf *i'*. Wenn man aber die beiden Netzhäute auf einander gelegt denkt, so decken sich *i* und *i'* nicht. Ebenso sind auch die Bildpuncte von *f*, nämlich *h* und *h'* nicht zugeordnet. — Durch eine einfache mathematische Construction suchten Vieth [1]) und J. Müller [2]) darzuthun, dass die Linie, in welcher die gleichzeitig einfach gesehenen Puncte fallen, eine Kreislinie sein müssen.

Figur 243.



J. Müller hatte jedoch nur die Doppeltbilder von solchen Puncten berücksichtigt, welche auf der Linie der Visirebene liegen, von denen wir oben zuerst gehandelt haben, hingegen nicht die Puncte, welche in den andern, zu der Visirebene senkrecht gerichteten Ebenen liegen.

1) Vieth in Gilbert's Ann. LVIII, 541.
2) J. Müller, Physiologie. II, 867.

Digitized by Google

Schon Prevost [1]) hatte auf eine vertikale Horopterlinie hingewiesen. — Durch Baum wurde der Gegenstand von Neuem angeregt und von Meissner [2]) ausführlich behandelt. Der Letztere hat folgende Bezeichnungen eingeführt, um die Richtungen zu bestimmen. Was er unter Visirebene versteht, ist oben schon erwähnt; die Linie, in welcher die Visirebene jede Netzhaut schneidet, ist der horizontale Meridian; wird eine Ebene senkrecht zur Visirebene durch die Fortsetzung der Sehaxe gelegt, so heisst die Linie, in welcher beide Ebenen sich schneiden, die vertikale Horopterlinie. Wenn das Doppeltbild, welches auf der rechten oder linken Seite steht, verschwindet, je nachdem man das rechte oder linke Auge verschliesst, so wird es ein rechtseitiges Doppeltbild genannt; so ist also nach unserer obigen Darstellung b'' in Fig. 242 ein rechtseitiges, hingegen c', welches auf der linken Seite steht, aber verschwindet, wenn das rechte Auge verschlossen wird, ein verkehrtes Doppeltbild. — Bei der Untersuchung dreier hinter einander liegender Puncte s. Fig. 241, von denen *a* fixirt wird, hat nun Meissner Folgendes beobachtet: Solange die Puncte in der Visirebene liegen, erscheinen *b* und *c* doppelt, wie in Fig. 242 angegeben; aber b' und b'' rücken um so weiter aus einander, je weiter *b* von *a* entfernt war. — Wird nun der Punct *b*, während man *a* unverrückt fixirt, nach Oben bewegt, so treten die Doppeltbilder zusammen, und es bleibt ein einfacher Punct zurück. Bewegt man *b* noch weiter aufwärts, so rücken die Bilder wieder weiter von einander, aber nun verschwindet b'', wenn das linke Auge verschlossen wird. (Ich habe gefunden, dass es Kurzsichtigen schwerer wird, die Doppeltbilder zu erkennen, wenn die Fläche über die vertikale Ebene hinaus rückt und die Augen nach Oben sich richten müssen. Bei scharf sehenden Augen erscheinen sie hier sehr leicht.)

Man bestimmt nun den Horopter oder die horopterischen Linien auf folgende Weise. Man denke sich die retina als eine Kugel, auf welcher wie auf einem Globus Meridiane und Parallelkreise verzeichnet sind. Wenn nun diejenigen Puncte bei der Netzhaut, welche in gleichnamigen Graden liegen, affizirt werden, so sind die Linien, welche man sich von den erregten Netzhautpuncten bis zu den entsprechenden Objecten gezogen denkt, Horopterlinien; in ihnen erscheinen die Objecte einfach.

Ob man nun wirklich aus den Beobachtungen, welche von J. Müller, Baum und Meissner gemacht worden sind, auf identische Netzhautstellen schliessen darf, oder ob das Doppeltsehen der Bilder

1) Prevost in Poggendorf's 1844. Ann. LXIII. 548.
2) Meissner, Beiträge zur Phys. des Sehorgans. Leipzig 1854.

Digitized

noch auf andern Verhältnissen beruht, lässt sich noch nicht mit Bestimmtheit behaupten. — Nach den Arbeiten von Meissner sind noch von Claparede[1]), von Recklinghausen[2]), Nagel[3]), Burkhardt[4]) und Wundt[5]) wichtige Untersuchungen über die identischen Netzhautstellen geliefert worden. Nagel bezeichnet den Kreis als Horopterkreis, welcher durch beide Kreuzungspuncte der Projectionslinien geht (l. c., p. 169).

Erklärung des Einfachsehens.

745. Es ist durch keine Beobachtung irgend ein Grund zur Annahme vorhanden, dass die Fasern beider n. optici so angeordnet wären, dass sie theilweise mit einander in irgend einer Weise verschmelzen, theilweise aber getrennt bleiben, um daraus zu erklären, dass manche Puncte im Sehfelde einfach von beiden Augen, andere doppelt gesehen werden. Es spricht für eine solche Hypothese auch keine Analogie. — Hingegen gibt es Fälle der Art genug, dass die Thätigkeit der Seele gleichartige, selbst ähnliche Empfindungen mit einander verschmilzt, und dass es einer besondern psychischen Anstrengung bedarf, um solche wieder von einander zu trennen. Zu dieser Trennung gehört aber natürlich, dass Unterschiede aufgefunden werden können. Die Verschmelzung kann daher aus zwei sehr verschiedenen Ursachen nicht vorhanden sein, nämlich erstens, wenn Einflüsse einwirken, welche sie unmöglich machen; zweitens, wenn eine Trennung durch ein besonders scharfes Unterscheidungsvermögen zu Stande kommt. Der letztere Umstand ist, soviel ich weiss, nicht beobachtet worden; und es braucht daher nur der erstere berücksichtigt zu werden. —

Die Verschmelzung der Empfindungen wird erschwert 1) durch die Verschiedenheit in der Erregbarkeit der retina-Elemente. Im gelben Flecke, an welchem die schärfste Empfindung Statt findet (directes Sehen), vereinigen sich ausnahmslos, wo keine abnormen Zustände vorhanden sind, die beiden Eindrücke zu einem gemeinsamen. Je weiter die affizirten Stellen von der Mitte der retina entfernt liegen, je weniger das Bild auf dem gelben Fleck steht (indirectes Sehen), desto schwieriger ist die Verschmelzung. Aber auch hier kommen 2) die verschiedenen zusammengehörigen (identischen) Netzhautstellen in Betracht, von denen oben die Rede war. 3) Hängt die Vereinigung zweier retina-Bilder zu einem gemeinschaftlichen auch von der Stellung der Augenaxen ab. Dies geht beson-

---

1) Claparede in Archiv für Anatomie und Physiologie. 1859. p. 384.
2) v. Recklinghausen in Archiv für Ophthalmologie. 1858. V, 2. p. 127.
3) Nagel, Das Sehen mit zwei Augen. Leipzig und Heidelberg 1861.
4) Burkhardt in Verh. der naturforsch. Ges. in Basel. 1854.
5) Wundt in Zeitschr. für rationelle Med. 1861.

Digitized by Google

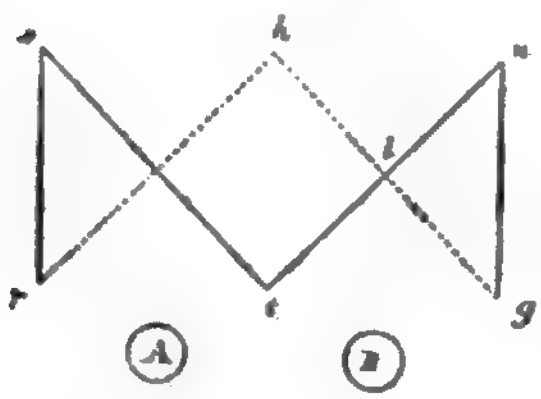
ders aus Versuchen mit dem allgemein bekannten, von Wheatstone[1]) erfundenen Instrumente, dem Stereoskop, hervor.

Stereoskop. 746. Man mache von irgend einem Körper zwei Zeichnungen, welche ganz genau dem Anblicke entsprechen, welchen beim Beschauen je das linke und das rechte Auge von ihm haben. Betrachtet man beide Zeichnungen durch ein Stereoskop, so sieht man ein einziges Bild in der Mitte, und zwar erhält man den Eindruck eines Körpers. So z. B. sieht man, wenn man zwei Photographien von derselben Statue gemacht hat, und zwar die eine von der rechten, die andere von der linken Seite, nicht zwei Bilder vor sich, sondern nur eines, welches nicht mehr flächenhaft erscheint, sondern auch eine Tiefe hat, so dass man vor einer Statue zu stehen glaubt. Ebenso erscheinen zwei Puncte, oder zwei Oblaten, welche man in einer passenden Entfernung von einander auf ein Papier aufklebt, unter dem Stereoskop einfach.

747. Hält man vor das rechte Auge ein farbiges Glas, z. B. ein blaues, und vor das linke ein andersfarbiges, z. B. ein rothes, und beobachtet im Stereoskop die Projection eines Körpers, welche jedoch auf schwarzem Grunde mit weissen Linien entworfen ist, so erhält man das Relief in der Mischfarbe (Violett), während alle Kanten aus getrennten, einander der Länge nach berührenden, farbigen Linien bestehen (Dove).

748. Das früher gebräuchliche Stereoskop besteht aus zwei Spiegeln, welche zusammen einen rechten Winkel ausmachen, weil dadurch beide Bilder des Objectes an dieselbe Stelle gelangen, wie aus der Figur hervorgeht. — *s t* und *t u* seien 2 Spiegel, die in einem rechten Winkel zusammenstossen, *g u* und *r s* zwei Flächen (Abbildungen), so wird von dem Puncte *g* das Bild in *h* sein, denn *g l* ist das auf dem Spiegel *t u* gefällte Perpendikel und *h l* seine Verlängerung $= l\,g$; an derselben Stelle ist auch das Bild von *r*. — Die beiden Augen *A B*, von welchen jedes in einen Spiegel sieht, werden von derselben Stelle das Bild von *g u* und von *r s* erblicken.

Figur 244.



749. Das gebräuchlichste Stereoskop ist das von Brewster angegebene, in welchem anstatt der Spiegel die beiden Hälften einer Sammellinse von 15 Cm. Brennweite angebracht sind. Hiedurch werden die Zeichnungen dem Gesichte näher gebracht, und die Linsen wirken auch wie Prismen, indem die Linsenhälfte, in welche das

1) Wheatstone in Poggend. Ann. 1842. Ergänzungsb.

Digitized by Google

rechte Auge blickt, das Bild nach der linken Seite rückt, et vice versa, wodurch das Zusammenfallen erleichtert wird.

Durch Übung gelingt es, zwei stereoskopische Bilder zu einem zu verschmelzen, ohne dass man sie in einem Spiegel, oder durch Linsen betrachtet, wenn nur eine Scheidewand zwischen beiden Zeichnungen angebracht ist (Fick).

750. Es ist in neuerer Zeit oft die Frage aufgeworfen worden, ob die Annahme, dass in der Netzhaut identische Stellen vorhanden seien, durch welche der doppelte Eindruck zu einem einfachen verschmolzen wird, und die Beobachtungen, welche man am Stereoskop gemacht hat, sich mit einander in Übereinstimmung bringen lassen. Wheatstone hat zuerst die Lehre von den identischen Netzhautstellen bestritten, weil er beobachtete, dass Bilder, welche unmöglich entsprechende Netzhautstellen in beiden Augen treffen, dennoch verschmolzen werden. So werden z. B. zwei Kreise, welche nicht ganz gleiche Radien haben, dennoch im Stereoskop zu einem einzigen vereinigt. — Ebenso interessant ist ein anderer Versuch von Wheatstone: Wird dem rechten Auge eine vertikale, dem linken eine von der senkrechten Stellung etwas abweichende Linie in dem Stereoskop geboten, so sieht man eine Linie, deren Endpunkte sich in verschiedenen Entfernungen vor den Augen zu befinden scheinen. Es werde nun auf das Blatt für das linke Auge in der Mitte der schon vorhandenen und geneigten Linien eine schwächere und vertikale gezogen, welche der auf dem Blatte für das rechte Auge befindlichen Linie in Stellung und Länge genau entspricht. Betrachtet man jetzt die beiden Zeichnungen im Stereoskop, so werden die beiden stärkern Linien, von denen jede mit einem Auge gesehen wird, sich decken, und die daraus resultirende einfache Linie wird in derselben perspectiven Linie erscheinen, als es vorher der Fall war; die schwache Linie aber, welche auf Netzhautpuncte des linken Auges fällt, die mit denen des rechten correspondiren, auf welchen sich die starke vertikale Linie darstellt, erscheint an einem verschiedenen Orte. Sie nimmt nämlich den Ort ein, wo sich die Ebene der Richtung des Sehens für das linke Auge, in welchem sich die schwache Linie darstellt, mit der Ebene der Richtung des Sehens für das rechte Auge, welches die starke Linie enthält, durchschneidet.

Diesen Versuch habe ich mit dem angegebenen Resultate gleichfalls beobachtet. Es beweist offenbar, wie noch manche andre, dass zum Einfachsehen mit zwei Augen, es nicht ausreicht, wenn die Bildpuncte auf solche Stellen der Netzhäute fallen, welche man für identische hält. Vielmehr werden auch nicht zugeordnete, sich entsprechende Stellen der beiden Netzhäute von Bildpuncten zweier Objecte getroffen, wie z. B. in den zwei ungleich grossen Kreisen, und den-

Digitized by Google

noch werden die doppelten Bildpuncte zu einem vereinigt. Hieraus geht also hervor, dass zum Einfachsehen nicht absolut nothwendig ist, dass jedesmal zugeordnete Netzhautstellen affizirt werden, aber es folgt daraus nicht, dass es keine identischen Stellen gibt. Vor Allem muss man das Einfachsehen der fixirten Puncte, und dasjenige der nicht fixirten nicht zusammenwerfen. Beim indirecten Sehen, bei welchem also von den Bildern die Rede ist, welche ausserhalb des gelben Fleckes liegen, scheint es wohl darauf anzukommen, dass gewisse retina-Stellen getroffen werden, welche in beiden Augen eine gewisse Beziehung zu einander haben. Von welcher Art diese Beziehung ist, lässt sich aber bis jetzt noch nicht ganz bestimmt feststellen. Hievon war auch oben schon die Rede.

Erkenntniss der Tiefendimension.

751. Die Stellung der Augenaxen ist auf die Vereinigung der retina-Bilder von Einfluss. Wenn ich z. B. zwei gleich grosse rothe Oblaten 27 ^{mm} von einander entfernt auf Papier aufklebe, so erscheinen sie mir unter dem Stereoskop vereinigt. Mache ich aber den Abstand grösser, so bin ich nicht im Stande, sie zur Vereinigung zu bringen. — Bei vielen Menschen bedarf es aber umgekehrt einer bedeutenderen Entfernung, ehe die Bilder zur Deckung gelangen.

752. Bisher war hauptsächlich von der Verschmelzung zweier Bilder zu einem die Rede. Es ist aber noch eine andere Erscheinung bei dem stereoskopischen Sehen zu beachten, dass uns nämlich die flächenhafte Zeichnung, welche wir betrachten, körperlich erscheint. Mit andern Worten: wir sehen ausser der Ausdehnung von Länge und Breite auch noch die der Tiefe. Dieser Eindruck verschwindet, sobald wir das eine Auge schliessen. — Wenn wir zwei Zeichnungen von einem Würfel entwerfen, wie derselbe dem rechten, und dem linken Auge erscheint, und beide unter dem Stereoskop betrachten, so sehen wir, wie die Ecken sich von der Fläche abheben und hervorstehen, so dass wir also einen Eindruck erhalten, als ob ein Theil der Fläche sich näher dem Auge befinde, als ein anderer. — Überhaupt werden die Entfernungen der einzelnen Theile durch den stereoskopischen Anblick verändert, und darin grade beruht wesentlich die Veränderung, welche entsteht. Wir construiren den Körper, indem wir ein Urtheil über die Entfernung der einzelnen Theile des Bildes fällen, und um dies Urtheil zu Stande zu bringen, gebrauchen wir die Empfindungen, welche dem sensorium gleichzeitig, aber zuerst unvermischt von je einem Auge zukommen. Es ist schon oben erörtert worden, dass wir die Entfernung mit einem Auge nicht schätzen können. Wenn wir es zu thun vermeinen, so wirken andre Erfahrungen mit. — Wir verlegen einen Objectpunct an die Stelle, an welcher die von jeder retina kommenden Projectionslinien sich schneiden. Gesetzt nun, dass zwei Puncte auf jeder retina ihr Bild entwerfen, so werden wir zwei Puncte in einer

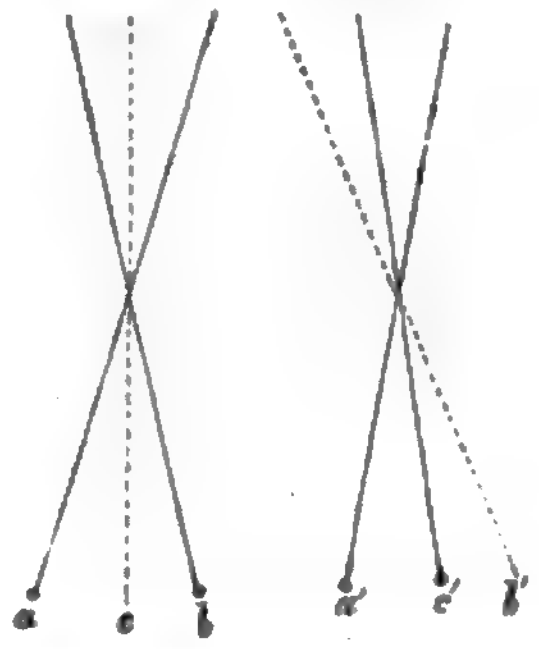
Digitized by Google

und derselben Fläche sehen, wenn die Kreuzungsstelle des einen Paares da ist, wo auch die Kreuzungsstelle des andern Paares ist. Ist aber die Kreuzung eines jeden Paares an verschiedenen Stellen, so werden wir das eine Paar näher als das andere sehen. Den einfachsten und lehrreichsten Versuch der Art entnehme ich aus Nagel's Buch: Das Sehen mit zwei Augen. Man betrachte zwei Punctpaare

a b und *a' b'*, von denen *a* und *b* ein wenig weiter von einander entfernt sind, als *a'* und *b'*, und in einem Abstande von $2—2\frac{1}{2}''$ sind (für mein Auge darf der Abstand nur die Hälfte betragen), stereoskopisch. Man wird dann sogleich in einer auffallenden Weise bemerken, dass uns zwei Puncte erscheinen, von denen der eine, und zwar der rechte, dem Auge näher ist, und gleichsam in der Luft schwebt, während der andere auf der Fläche des Papiers gesehen wird.

Auf der retina des linken Auges stehen die Bilder der beiden Puncte näher an einander, als auf der retina des rechten Auges, grade wie die Objecte. Der Gesichtswinkel auf dem linken Auge ist also kleiner, als der auf dem rechten. Wenn die Eindrücke gesondert blieben, so würden die Puncte in der rechten Entfernung und Grösse je zwei von jedem Auge gesehen werden. Nun aber vermischen sich wegen der Ähnlichkeit der Eindrücke die Empfindungen. Wären *a* und *b* und *a'* und *b'* genau gleich weit von einander entfernt, so wäre die Verschmelzung eine vollständige, *a* würde *a'*, *b* würde *b'* decken, und zwei Puncte in gleicher Ebene gesehen werden. Da dies jedoch nicht der Fall ist, so müssen wir uns denken, dass zwei Bilder auf jedem Auge entstehen, welche sich nicht vollständig decken. Das eine Bild ist ein reelles, das andere aber ein durch die Vorstellung erzeugtes. Das Vorstellungsbild auf dem rechten Auge gleicht dem reellen Bild auf dem linken, und umgekehrt. Die rechte retina sieht auf ihrem reellen Bilde unter einem kleinern, auf ihrem Vorstellungsbilde unter einem grössern Winkel die beiden Puncte; die linke retina hingegen auf ihrem reellen Bilde unter einem grössern Winkel, auf ihrem Vorstellungsbilde unter einem kleinern Winkel dieselben beiden Puncte. Es werden also bei der Anordnung der Puncte, welche oben angegeben ist, auf jeder retina Bilder entstehen, wie sie Fig. 445 und 246 darstellt. *a b* und *a' c'* sind die reellen Bilder auf der linken und der rechten Seite; *a c* und *a' b'*

Fig. 245. Fig. 246.



Digitized by Google

die Vorstellungsbilder, und zwar gehört a' b' dem rechten Auge, a c dem linken Auge an. Die Puncte a und a' sowie c und c' decken sich vollständig, aber auch b und b' fallen zusammen und werden als je ein Punct gesehen, jedoch in der Art, dass wir den Gesichtswinkel, unter welchem wir das Vorstellungsbild sehen, als massgebend betrachten. Dieser Gesichtswinkel ist aber auf der rechten Seite grösser, als auf der linken; wir glauben daher den rechten Punct dem Auge näher stehend zu sehen, als den linken. Wenn die Bildpuncte c und b' reelle Bildpuncte auf der retina wären, welche von zwei Objectpuncten herrührten, so würden wir das Object dahin versetzen, wo sich die Projectionslinien schneiden, wie oben erörtert worden ist.

Wenn wir den Versuch so verändern, dass die nähern Puncte dem linken, die entferntern dem rechten Auge dargeboten werden, so glaubt man im Stereoskop den linken Punct vor dem rechten in der Ebene des Papiers zu erblicken.

753. Man hat verschiedentlich versucht, die Verschmelzung der beiden Netzhautbilder zu einem einzigen auf einem andern Wege zu erklären, als durch Vermittlung der Seele. So z. B. nimmt Brücke[1]) an, dass die Tiefendimension dadurch in der Anschauung stereoskopischer Bilder erkannt würde, dass in einer sehr kurzen Zeit das Auge verschiedene Bewegungen machte, und durch dieselben der Convergenzpunct der Augenachsen über das Gesichtsobject verschoben würde. Jedoch wird nach Dove[2]) schon während der kurzen Zeit, dass ein electrischer Funke dauert, nämlich während 0,000000868 Secunde, ein körperliches Bild gesehen. In dieser Zeit können unmöglich diese Bewegungen ausgeführt werden. — Panum[3]) nimmt an, dass zu jedem Netzhautpunct ein correspondirender Empfindungskreis gehöre, so dass also mit einem Puncte in dem einen Auge eine Reihe von Puncten im andern Auge correspondirten. Hierdurch erklärt er auch eine Einheit der Empfindung, ohne vollständig identische Netzhautstellen anzunehmen zu brauchen. Diese von Panum durch eine Reihe interessanter und lehrreicher Versuche gestützte Lehre stösst aber, wie Volkmann[4]) zeigt, auf so viele Schwierigkeiten, dass sie sich nicht halten lässt.[5])

Irradiation. 754. Irradiation. Mit diesem Namen bezeichnet man die Erscheinung, dass stark beleuchtete Flächen grösser zu sein scheinen,

1) Brücke in Müller's Archiv. 1841. p. 459.

2) Dove in Bericht der Berliner Akademie. 1841. p. 251.

3) Panum, Phys. Unters. über das Sehen mit zwei Augen. Kiel 1858.

4) Volkmann in Archiv für Ophthalm. 1859. V, 2. — Vgl. auch Hasner in Abhandl. der böhm. Ges. der Wissensch. 1859. X. — Helmholtz in Pogg. Ann. 1857. CII. (Telestereoscop).

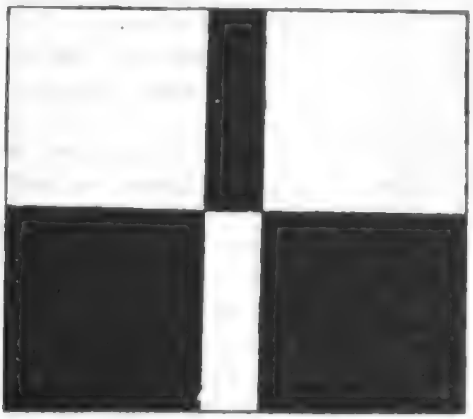
5) Über die Wirkung des Stereoskops auf den Glanz, vgl. Dove in Pogg. Ann. LXXXIII. — Helmholtz in Verhandl. des naturh. Vereins in Bonn 1856.

Digitized by Google

als benachbarte dunkle, welche in Wirklichkeit von gleicher Grösse wie jene sind.

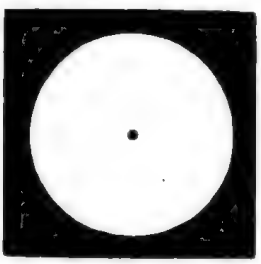
In Fig. 247 sind die weissen Quadrate, und der zwischen den schwarzen befindliche weisse Streifen genau so gross wie die schwarzen Quadrate, und der schwarze Strich. Nichts desto weniger erscheinen die weissen Abtheilungen kleiner. Sogar scheinen bei einer nicht scharfen Einstellung der Augen an der Stelle, wo die Ecken der weissen Quadrate an die schwarzen Streifen gränzen, jene überzugreifen und mit dem weissen Streifen sich zu verbinden. —

Figur 247.



Daher kommt es auch, dass ein feiner Draht, welchen man zwischen Auge und Sonne hält, nicht gesehen wird, indem sich die hellen benachbarten Flächen wie in Fig. 247 die weissen verhalten. — Lässt man eine helle Flamme oder die Sonne grade auf die Kante eines

Figur 248.



Lineals fallen, so scheint an dieser Stelle ein Stück zu fehlen, was gleichfalls eine Irradiationserscheinung ist. — Sieht man, wie in Fig. 248 einen weissen Kreis auf schwarzem, und einen schwarzen Kreis auf weissem Grunde, welche nach demselben Zirkelschlag ausgeschnit-

Digitized by Google

ten sind, in einiger Entfernung an, so erscheint der letztere fast um ein Fünftel kleiner, als der erstere.

Man wird sich bei allen diesen Versuchen leicht überzeugen, dass die Irradiationsphänomene um so deutlicher sind, je weniger scharf das Auge eingestellt, je weniger dasselbe accommodirt ist, je grösser also die Zerstreuungskreise sind. Namentlich springt dies recht bei dem letzten Versuche in die Augen. — Aber nichts desto weniger ist die Irradiation auch sicher vorhanden, wenn die Accommodation ganz genau ist. Bei einer Anzahl von Menschen, welche darüber Versuche machten, behaupteten Einige, dass sie bei der schärfsten Einstellung der Augen keinen Unterschied der Grösse wahrnehmen; jedoch ist das angegebene Resultat nicht nur von den Meisten gewonnen, sondern auch von solchen, welche mit sehr scharfem Gesichtssinne versehen waren. — Man muss daher entweder annehmen, dass die Beurtheilung der Grösse auch von der Art der Erregung der Netzhaut abhängig gemacht wird, und dass unter übrigens gleichen Verhältnissen die Seele eine Fläche für grösser hält, wenn die Eindrücke, welche auf die Centraltheile gemacht worden sind, mehr Intensität haben, als im umgekehrten Falle. Oder man muss davon ausgehen, dass selbst bei genauester Accommodation die Zerstreuungskreise wegen der Farbenzerstreuung und der monochromatischen Abweichungen doch nicht fehlen.

Dass jedenfalls die Accommodation einen sehr grossen Antheil an der Erscheinung hat, lässt sich leicht nachweisen. Wenn nämlich auf die retina das Bild eines weissen und schwarzen Quadrats fällt, und das Auge so vollkommen accommodirt ist, dass keine Zerstreuungskreise vorhanden sind, so kommen sich in Wirklichkeit beide Bilder an Grösse gleich. Ist aber nicht vollständige Accommodation vorhanden, so werden an der Gränze, an welcher sich das weisse und schwarze Quadrat berühren, Zerstreuungskreise, sowohl von dem schwarzen, als von dem weissen Quadrate, entstehen, und sich decken. Bei diesen gleichzeitigen Erregungen wird aber die Netzhaut vorzugsweise von dem Weiss, und viel weniger von dem Schwarz affizirt. [1])

Volkmann hat beobachtet, dass bei nicht vollständiger Accommodation auch sehr feine schwarze Fäden auf weissem Grunde für breiter gehalten werden, als sie wirklich sind, ebenso, wie weisse Fäden auf dunklem Grunde. Wenn man ferner in Figur 249 bei einer zu grossen Ferne den weissen Streifen betrachtet, so soll er zwischen den breiten schwarzen Flächen breiter, zwischen den schwar-

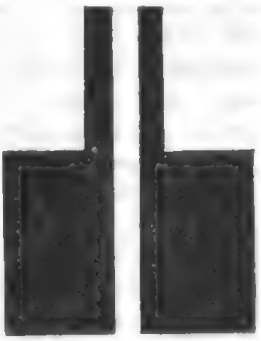
---

1) Man vgl. hierüber Fechner in Poggend. Ann. 1840. L, 195; besonders aber Welcker, Über Irradiation, Giessen 1852.

Digitized by Google

zen Streifen hingegen schmaler erscheinen. — Mit meinen myopischen Augen sehe ich (ohne Brille) jenseits des Fernpunctes das Bild in andrer Weise. In der Mitte des weissen Streifens, der zwischen den schwarzen sich befindet, erscheint mir ganz deutlich ein dritter schwarzer Streifen, welcher beiderseits von weissen begränzt ist, die bis an die wirklichen reichen. Dieser schwarze Mittelstreifen geht aus zweien schmälern hervor, welche sich von den wirklich vorhandenen um so mehr trennen, je mehr ich das Auge vom Objecte entferne. — Ich sehe also zunächst neben dem schwarzen wirklichen Streifen einen weissen, dann einen dickern dunklern schwarzen, dann einen weissen, und endlich den wirklichen weissen. — Zwischen den schwarzen Quadraten erscheint mir hingegen der weisse Streifen grau, und breiter.

Figur 349.



Eine Erklärung dieser Erscheinungen haben Volkmann [1]) und Helmholtz [2]) gegeben.

Plateau [3]) erklärte die Irradiation dadurch, dass die durch eine helle Beleuchtung erregte Netzhautstelle ihre Erregung einer Nachbarstelle mittheile, dass dieselbe mithin auf Mitempfindung beruhe. Diese Theorie stützt sich jedoch auf keine sichere Thatsache, da überhaupt noch nicht festgestellt ist, dass eine Mitempfindung in dieser Weise vorkommt.

B. Hören.

Erfordernisse.

755. Als Erfordernisse zum deutlichen objectiven Hören hat man zu betrachten: 1) dass die Schallwellen, welche zu dem äusseren Ohre gelangen, theils durch die Luft, theils durch feste Körper bis zur Ausbreitung des n. acusticus fortgepflanzt werden; 2) dass der dadurch gemachte Eindruck empfunden werde; 3) dass durch gewisse Seelenactionen die richtige Wahrnehmung möglich gemacht werde.

1) Fortleitung des Schalles.

756. Die Schallwellen werden theils durch die verschiedenen Theile des Gehörorgans bis zu dem empfindenden Apparate und den Nerven selbst fortgeleitet, theils durch die Kopfknochen.

1) Volkmann, Verhandlungen der Sächsischen Gesellschaft. 1857. p. 129.
2) Helmholtz, Phys. Optik. p. 324.
3) Plateau in Pogg. Annalen. 1838. Ergänzungsb. I.

Digitized by Google

757. Zwischen dem Ohre und der Stelle, wo Schallschwingungen entstehen, müssen Media vorhanden sein, welche im Stande sind, die Schallschwingungen aufzunehmen, und in sich weiter zu verbreiten.

Solche Media sind entweder Gase, oder Flüssigkeiten, oder feste Körper.

758. Ist die Ursprungsstelle des Schalles ein fester Körper, so wird der Schall besser gehört, wenn das Medium auch ein fester Körper ist. Das Schlagen einer Uhr wird besser gehört, wenn das Ohr auf den Tisch gelegt wird, auf welchem die Uhr liegt, als durch die Luft. Wird hingegen in diesem Falle das Ohr an einen nahe liegenden festen Körper gelegt, der von dem ersten, auf welchem der Schall entsteht, durch eine Luftschicht getrennt ist, so wird sogleich viel undeutlicher gehört; — ebenso eine mit einem weichen Körper umwickelte Uhr.

759. Der Schall, welcher im Wasser sich erzeugt, wird am Besten durch Wasser, oder einen festen Körper, schlecht durch Luft fortgeleitet.

760. Der Schall, welcher in der Luft entsteht, wird sehr geschwächt, wenn er aus der Luft in Wasser übergeht, noch mehr, als der im Wasser entstandene, welcher in die Luft übergeht.

Concentration der Schallwellen.

761. Zur deutlichern Empfindung der Schallwellen trägt die Condensirung der Wellen bei. Wenn der Ohrcanal durch eine vorgehaltene Röhre, oder die zweckmässig angelegten Hände verlängert wird, verstärkt sich die Schärfe des Gehörs. Ganz besonders wird diese Wirkung durch einen trichterförmigen Canal erreicht, der sich nach dem Ohre hin verengert.

Äusseres Ohr.

762. Diesen Zweck scheint auch der Bau des äusseren Ohres zu haben, welches bei sehr scharf hörenden Thieren auch besonders gross ist.

763. Ob die Schallwellen, welche die verschiedenen Unebenheiten der Ohrmuschel berühren, dadurch, dass sie zurückgeworfen werden, hauptsächlich zur Verstärkung des Gehörs dienen, ist zweifelhaft. Es ist zwar sicher, dass die auf die concha auffallenden Schallwellen auf den gegenüberliegenden tragus, und von diesem wieder auf den äussern Gehörgang reflectirt werden. Die Beobachtungen von Esser [1]) an einem in Wachs modellirten Ohre haben indess gezeigt, dass durch Reflexion nur sehr wenig Schwingungen in den äusseren

---

1) Esser in Ann. des sc. nat. 1832. T. XXVI. — Vgl. auch Buchanan in Meckel's Arch. 1828; er gibt an, dass bei einem Winkel von 40°, welchen die Ohrmuschel mit der p. mastoidea macht, die Gehörperception am Besten sei.

Digitized by Google

Gehörgang gelangen. — Wenn man nach Esser alle Krümmungen der Ohrmuschel mit einer weichen Masse verstrichen hat, ohne den äusseren Gehörgang zu verschliessen, so soll das Gehör etwas schwächer, die Reinheit der Töne aber durchaus nicht alterirt sein. Harless [1]) setzte auf die Öffnung des äussern Gehörganges $^1/_2$" langes Glasröhrchen von der Weite des letztern, und umgab seinen untern Rand mit einer dichten Masse Teiges. Er hörte nichts desto weniger in derselben Entfernung, wie bei freier Muschel.

Menschen, denen die äusseren Ohren fehlen, können noch gut hören, — wenn auch wahrscheinlich nicht mehr in derselben Entfernung. — Die Ohrmuskeln, deren Wirkung bei dem Menschen fast auf Null reducirt ist, wirken bei Thieren durch Condensation der Schallwellen.

Ohrenschmalz.

764. Die Function des Ohrenschmalzes (cerumen), welches ein weiches Fett, Albumin, eine gelbe, sehr bittere Substanz, Extracte und Salze enthält, ist nicht bekannt. — Nach Linke [2]) verhindert es das Mittönen der Wände des Gehörganges, und lässt die Erzitterungen der einströmenden Luft nicht zur Wahrnehmung kommen.

Äusserer Gehörgang.

765. Der äussere Gehörgang kann, vermöge seiner Krümmungen, durch Reflexion die Schallwellen condensiren, wie ein Hörrohr, sowie er auch dieselben durch seine Wände weiter nach Innen fortpflanzt.

Trommelfell.

766. Das Trommelfell vermittelt den Übergang der Schallschwingungen, welche durch das äussere Ohr condensirt und reflectirt worden sind, theils zu den festen Gehörknöchelchen, und theils zu der Luft in der Paukenhöhle, indem es selbst in Schwingungen versetzt wird.

767. Schallschwingungen verbreiten sich schwer aus der Luft in feste Körper, hingegen gehen sie viel leichter in dieselben über, wenn zwischen beiden eine elastische Membran ausgedehnt ist (Savart). Daher dient wesentlich das Trommelfell dazu, die Schallwellen der Luft des äusseren Gehörganges den Gehörknöchelchen zu überliefern, während die Schallwellen nicht besser aus der Luft des Gehörganges zu der der Paukenhöhle übergehen, als wenn keine Membran dazwischen wäre.

Leitung der Schallwellen in der Paukenhöhle.

768. Savart und J. Müller haben über die Verbreitung der Schallwellen in der Paukenhöhle folgende instructive Versuche an-

---

1) Harless in Wagner's Handwörterb. IV, 350. — Ferner vgl. Schneider, Die Ohrmuschel etc. Dissert. Marb. 1855.

2) Linke, Handb. der theor. u. pract. Ohrenheilk. I, 452. — Vgl. dagegen Harless, l. c., p. 352.

Digitized by Google

gestellt. [1]) Eine auf einen Becher gespannte, sehr dünne Membran von Papier wirft Lycopodiumsamen bei Annäherung der tönenden Stimmgabel durch Mittheilung der Luftschwingungen leicht, ein fester Körper von einiger Dicke hingegen gar nicht ab. Legt man eine Holzplatte mit dem einen Ende auf die Membran einer Trommel, und fasst das andere Ende mit der ganzen Hand, so empfindet diese das Beben der Membran vollkommen deutlich, wenn die tönende Stimmgabel frei über die Membran gehalten wird. Dagegen leitet die von der Membran isolirte Holzplatte unter gleichen Bedingungen die von der Luft mitgetheilten Schwingungen nur sehr schwach. — Spannt man auf einen Ring ganz dünnes Papier und fasst den Ring mit der einen Hand, so fühlt man das Beben, wenn man die Stimmgabel der Membran nähert. War die Membran entfernt, so fühlte man die Erzitterungen nicht, selbst wenn die Gabel dem Ring sehr genähert war. — Wurde auf das Ende der einfüssigen Pfeife *a* Fig. 250 eine trockne Membran (Schweinsblase) *b* gespannt, auf die Mitte derselben ein kleines Korkstückchen geleimt, auf dieses ein dünnes, hölzernes Stäbchen *c* befestigt, bei *d* eine Korkscheibe angesteckt, dann bis *e* der Stab *c* in Wasser getaucht und der tiefste, oder einer der mittlern Töne der Pfeife *a* angeblasen, so wurde der Ton in einer auf die Korkplatte senkrechten Richtung im Wasser ausserordentlich stark durch einen Conductor ($^1/_2$″ weite Glasröhre) empfunden, der bei verstopften Ohren mit dem einen Ende an das Ohr, mit dem andern ins Wasser gehalten wurde, hingegen viel schwächer an den andern Stellen des Wassers. — Ist die Membran *b* ceteris paribus durch einen fest eingesetzten Korkstopfen ersetzt, so hört man im Wasser keine, oder eine sehr geringe Verstärkung des Tones in der Richtung des Stabes.

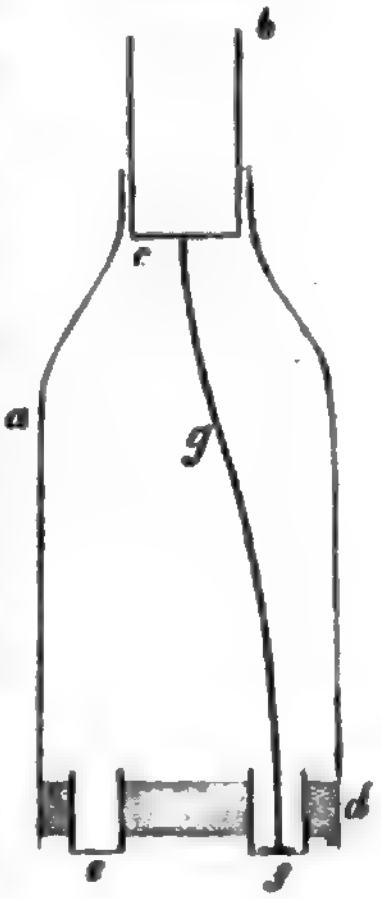
Figur 250.

Um die doppelte Leitung der Schallwellen durch die Luft, und durch die festen Gehörknöchelchen zu studiren, machte Müller folgenden Versuch: Der Glascylinder *a* Fig. 251 von $2^1/_3$″ Durchmesser, und 6″ Länge, läuft an dem einen Ende in einen Hals aus, in dessen Mündung die hölzerne Röhre *b* von 8‴ Durchmesser Lumen luftdicht eingesetzt wird. Das äussere Ende *b* passt genau in das Ende der

1) Vgl. Müller, Phys. II, 428.

einfüssigen Messingpfeife. Das innere Ende der Röhre *b* ist mit einer gespannten Membran *c* überzogen, welche das Trommelfell vorstellt, während *b* der Gehörgang ist. Der Glascylinder ist an seiner weitern Öffnung mit einer dicken Korkplatte *d* geschlossen, sein Raum ist die Trommelhöhle. In zwei Löcher dieser Korkplatte, welche gleichweit vom Umfang des Cylinders entfernt sind, werden kurze hölzerne Röhrchen von 3—4‴ Durchmesser luftdicht eingesetzt, und mit Membranen verschlossen. *e* stellt das runde, *f* das ovale Fenster vor. Der Stab *g* verbindet die Membranen bei *e* und *f*. Wird das untere Ende des Apparates in Wasser gehalten, auf das Rohr *b* eine Pfeife aufgesetzt und geblasen, so ist die Leitung so, wie die der Trommelhöhle zum Labyrinthwasser. Bei verstopften Ohren kann man nun mittelst eines in das Wasser und das Ohr gehaltenen Conductors, während Jemand die Pfeife anbläst, die Stärke der Wellen, welche durch die beiden Fenster ins Wasser gelangen, durch sein eigenes Gehör prüfen. Die Verschiedenheit ist höchst auffallend. Die durch den Stab vom Trommelfell zum Wasser geleiteten Wellen sind ganz ausserordentlich viel stärker, als die von denselben Schwingungen des Trommelfells durch die Luft der Trommel und die membrana tympani secundaria geleiteten Wellen. Man vernimmt die starken Töne des ovalen Fensters bis in den Raum vor dem runden Fenster. Um daher den viel schwächern Antheil der Leitung des runden Fensters isolirt zu beobachten, ist es nöthig, den Stab aus dem Apparat herauszunehmen und das Fenster *f* durch einen Stopfen zu schliessen. Dann bemerkt man, dass die Leitung durch die Membran des runden Fensters wenig stärker ist, als durch die festen Theile der Korkplatte.

Figur 251.



Die Form der Schallwellen, welche in dem Trommelfell entstehen, wenn sich die Schallwellen aus der Luft des Gehörganges über dasselbe verbreiten, ist wahrscheinlich eine Beugungswelle. — Man unterscheidet nämlich die Schallwellen als Beugungs- und als Verdichtungs- und Verdünnungs-Wellen. Jene sind solche, bei welchen die Oberfläche des schwingenden Körpers eine sichtbare Veränderung macht. Da nun das Trommelfell an seiner Peripherie in dem Knochen eingefalzt und befestigt ist, so müssen die mehr nach der Mitte liegenden Theilchen desselben mehr Beweglichkeit haben und daher grössere Excursionen machen, als die dem Knochen näher gelegenen

Digitized by Google

(E. Weber [1]), wie auch eine Saite, welche an beiden Seiten befestigt ist, dasselbe zeigt. — Rinne [2]) nimmt an, dass auch Verdichtungswellen durch das Trommelfell gehen.

Spannung des Trommelfelles durch die Luft.

769. Die Spannung des Trommelfelles ist auf die Fortpflanzung der Schallwellen von Einfluss, und ist verschiedener Veränderungen fähig, welche theils von dem Luftdrucke, theils von dem Muskelzuge abhängen. Das Trommelfell steht auf seiner äussern, resp. untern, dem Gehörgange zugekehrten und seiner innern, resp. obern, der Paukenhöhle zugekehrten Fläche mit der Luft in Verbindung; dort durch den äussern Gehörgang, hier durch die Eustachische Trompete. Die Eustachische Trompete, die jederseits mit einer Öffnung in der Rachenhöhle hinter der betreffenden Choane beginnt, vermittelt die Communication mit den Respirationskanälen. Wird die Luft in diesen dichter, als die umgebende, was dadurch geschehen kann, dass man Mund und Nase schliesst und dabei eine Ausathmungsbewegung macht, so fliesst die dichtere Luft auch durch die Eustachische Trompete in die Paukenhöhle und drängt das Trommelfell gegen den äussern Gehörgang. Wird umgekehrt bei geschlossener Nasen- und Mundhöhle der Brustkasten erweitert und dadurch die Luft auch in der Eustachischen Trompete verdünnt, so wird durch die dichtere äussere Luft des Gehörganges das Trommelfell gegen die Paukenhöhle gedrängt.

Spannung des Trommelfelles durch den Hammer.

770. Das Trommelfell befindet sich aber auch in einer beständigen Anspannung, nach dem Tode. Dies geschieht dadurch, dass der Handgriff des Hammers zwischen der mittleren und inneren Platte des Trommelfelles befestigt, und mit denselben verwachsen ist. Er hat eine solche Lage, dass das Trommelfell nach Innen gezogen erscheint, und in der Mitte eine Vertiefung, umbo, zeigt, wenn man dasselbe vom äussern Gehörgang aus betrachtet.

Die natürliche Spannung kann aber noch vermehrt werden, wenn der Handgriff gedreht und dadurch das Trommelfell noch mehr einwärts gezogen wird. Zum Verständniss dieser Erscheinungen ist es erforderlich, die verschiedenen Lagen kennen zu lernen, in welche die Gehörknöchelchen gebracht werden.

Was zunächst die Lage des Trommelfelles betrifft, so befindet sich seine Ebene fast parallel der Horizontalebene der proc. condyloidei des Hinterhauptbeins. Von der Ebene des Trommelfells nach

---

1) E. Weber in Bericht d. Sächs. Ges. 1851, p. 29.

2) Rinne in Prager Vierteljahrschr. 1855, p. 75. — Vgl. auch J. Müller, Phys. II, 431.

Digitized by Google

Innen zu, mit derselben fast (nicht ganz) parallel liegt diejenige, in welcher die beiden grössten Gehörknochen, Hammer und Ambos, liegen. Fast vertikal zu derselben (also in der Figur vertikal zur Ebene des Papiers) liegt die des Steigbügels, welcher auf dem ossiculum Sylvii des processus longus *h* Fig. 252 des Ambos ruht.

E. Weber vergleicht den Hammer und Ambos mit einem Winkelhebel. Der Kopf des Hammers *d* und der Körper des Ambos *d'*, werden durch kurze Bänder lig. mallei superius und lig. incudis superius an einander gehalten und bilden gewissermassen ein Stück. Diese beiden Theile drehen sich um eine Axe, welche durch den processus Folii *f* und den proc. brevis incudis gegeben ist, indem der erstere Fortsatz in die fissura Glaseri, der letztere durch eine bandartige Verbindung an den Anfangstheil der cellulae mastoideae befestigt sind. Die Ebene, in welcher sie sich drehen, steht senkrecht auf der des Trommelfelles, und die Drehung geschieht in einer Richtung nach Aussen und Vorn. Sie wird durch einen Zug an dem manubrium mallei zu Stande gebracht, wie man sich an der Leiche überzeugt. — Hierdurch hebt sich der Handgriff des Hammers, und mit ihm der lange Fortsatz des Ambos, indem sie einen Bogen nach Innen beschreiben; dadurch wird das Paukenfell mehr gespannt.

Figur 252.

A Trommelfell; *d* Kopf des Hammers; *f* proc. Folii; *l* manubrium; *d'* Körper des Ambos; *g* proc. brevis; *h* proc. longus.

771. Der m. tensor tympani führt diesen Zug aus. Er setzt sich gerade unter der Drehaxe an der innern Fläche des Anfangs vom Handgriff an. — Es ist wichtig zu wissen, durch welche Nerven dieser Muskel angeregt wird. Obgleich er zwar vom ganglion oticum seine Nervenfasern erhält, so kann doch die Innervation sowohl vom trigeminus, als facialis herrühren. Die vor Kurzem von Ludwig und Politzer [1]) gemachten Beobachtungen an eben getödteten Hunden, an denen die Trommelhöhle geöffnet wurde, lehrten, dass Contractionen des m. tensor tympani auf Reizung des trigeminus in der Schädelhöhle eintreten, nicht auf Reizung des facialis, glossopharyngeus, vagus und accessorius. — Fick [2]) beobachtete, dass bei starken Kaubewegungen ein singender Ton entsteht, welchen er durch die Contraction dieses Muskels, wahrscheinlich mit Recht, erklärt. Bei jeder Spannung des Trommelfelles entsteht nämlich ein eigenthümliches Knacken, welches freilich noch verschieden ist von dem Tone, welchen man bei Kaubewegungen hört. Die Con-

Wirkung des m. tensor tympani.

1) Politzer in Wiener Sitzungsber. 1861, p. 427.
2) Fick in Müller's Archiv. 1850, p. 526.

Digitized by Google

traction des tensor tympani erkennt man daher an diesem Knacken. Bei Schlingbewegungen, starken Gehöreindrücken beobachtete es Müller. Es entsteht hier durch Mitbewegung und Reflex. Viele Menschen können auch willkührlich ein solches Knacken hervorbringen, Müller gibt an, dass es eintrete, nachdem man eine starke Exspirationsbewegung gemacht, und dadurch verdichtete Luft in die Paukenhöhle getrieben habe. Sobald dies aufhört, erfolgt nach Müller das Knacken dadurch, dass nun das willkührliche Streben entsteht, das stark nach Aussen gedrängte Trommelfell zurückzuziehen. Hingegen fand Funke [1]), dass bei ihm jedesmal im Anfange des Einpressens von Luft das Knacken schon gehört wird.

Wirkung der Trommelfellspannung auf das Hören.

772. Den Effect, welchen die vermehrte Spannung des Trommelfelles auf die Verbreitung der Schallwellen hervorbringt, suchte Savart und Müller durch Versuche zu erforschen.

Wenn eine mit Sand bestreute ausgespannte Membran dadurch in Schwingungen versetzt wird, dass man Schallwellen in ihrer Nähe erzeugt, so springt der Sand stärker ab bei geringer, als starker Spannung (Savart). Wenn durch starke Inspirationen oder Exspirationen bei zugehaltener Nase die Spannung vermehrt wird, so tritt nach Wollaston und Müller Schwerhörigkeit ein, sehr wahrscheinlich als Folge der stärkern Spannung. Es scheint mithin der m. mallei internus, welcher das Trommelfell anspannt, zur Abschwächung zu starker Schallschwingungen zu dienen.

Wenn das Trommelfell sich ganz so verhielte, wie gespannte Saiten oder Membranen, so würde noch eine andere Folge eintreten. Jede gespannte Membran gibt nämlich einen Eigenton, welcher dem in ihrer Nähe erzeugten Tone entspricht, oder doch wenig davon abweicht. Da das Trommelfell so klein ist, und im ruhigen Zustande schon einen beträchtlichen Grad von Spannung hat, so würde nach dieser Regel dasselbe nur mitschwingen, wenn hohe Töne angeschlagen würden, hingegen würden sich tiefe Töne nicht durch dasselbe verbreiten, und also auch nicht gehört werden. Das ist aber nicht der Fall. Vielmehr wird es auch durch sehr tiefe noch in Schwingungen versetzt. — Seebeck [2]) hat nachgewiesen, dass durch den Widerstand, welcher durch den Hammergriff und die Gehörknöchelchen dem Trommelfell geleistet wird, die Schwingungen überhaupt zwar geschwächt werden, aber die Mitschwingung (Resonanz) für alle Töne ziemlich gleiche Intensität zeigt. — Einigermassen wirkt nun freilich dieser Umstand doch ein, indem sehr tiefe Töne, welche durch Schwingungen entstehen, die sehr verschieden sind von den

1) Funke, Phys. 3. Aufl. II, 120.
2) Seebeck in Dove's Repert. d. Physik. VIII. Akustik, p. 60 u. 103.

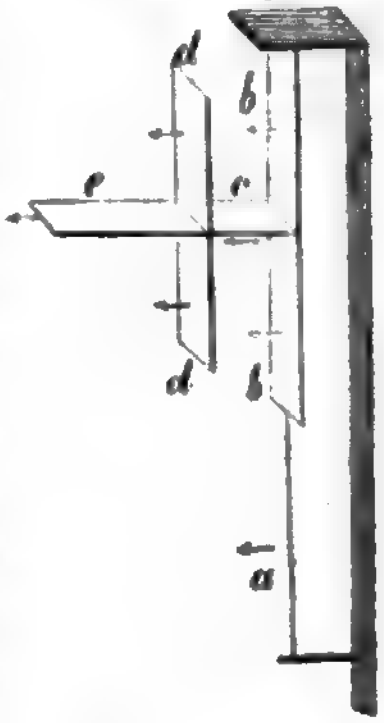
Digitized by Google

Schwingungen in dem gespannten Trommelfell, nur schwach gehört werden, wenn sie nicht sehr intensiv sind, wohl aber schwache, hohe Töne. — Die Abschwächung, welche die Leitung der Schallwellen durch den Widerstand der Gehörknöchelchen erfährt, wird durch die Feinheit der Empfindung ausgeglichen, und obgleich sehr abgeschwächte Schallschwingungen zum innern Gehörapparat gelangen, so werden sie dennoch empfunden. Die Wirkung des m. tensor tympani besteht nach der gegebenen Darlegung also auch darin, die Widerstände zu vermehren.

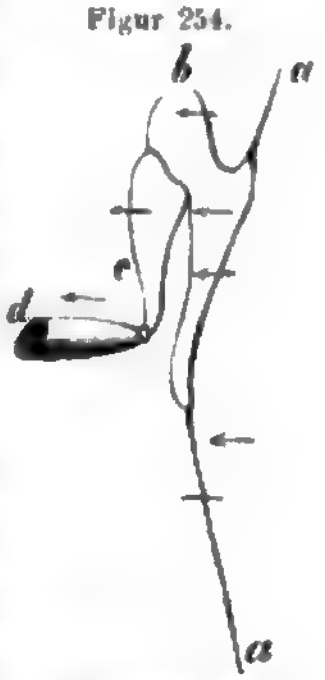
Schallleitung durch die Gehörknöchelchen.

773. Savart hat über die Schallleitung durch feste Platten Beobachtungen angestellt. Wird die Platte *b* (Fig. 253) auf den Steg einer Saite *a* befestigt, so geräth dieselbe, wie die Saite, in transversale Schwingungen, wie man aus dem aufgestreuten Sande bemerkt. Die senkrechte Platte *c* zeigt longitudinale Schwingungen, welche also, wie die Pfeile andeuten, gleichgerichtet mit denen der Platte *b* sind. Die auf *c* senkrecht stehende Platte *d* zeigt wieder transversale Schwingungen, wie *b*, und die Platte *e* longitudinale wie *c*. Die Richtung bleibt sich also gleich. — Die Gehörknöchelchen sind nun so gegen einander gestellt, dass auch durch sie die Richtung der Schallwellen nicht viel geändert werden kann, s. Fig. 254. Die Schallwellen nämlich, welche durch das Trommelfell auf den Hammer fortgepflanzt werden, werden aus transversalen (des Trommelfells) longitudinale (im Handgriffe des Hammers). Gegen den Handgriff des Hammers liegt der lange Schenkel des Amboses fast in einem rechten Winkel; in ihm werden die longitudinalen Schwingungen zu transversalen; dann werden diese wiederum im Linsenbeine und den Schenkeln des Steigbügels longitudinal, und endlich in der Basis des Steigbügels transversal, wie sie auch im Trommelfell transversal waren. Dies geht aus Fig. 254 hervor. Die Richtung der Schallleitung ist durch Pfeile angedeutet.

Figur 253.



Figur 254.



m. stapedius.

a a Trommelfell, *b* Hammer, *c* Amboss, *d* Steigbügel.

774. Der kleine m. stapedius heftet sich an den hintern Rand des Halses vom Steigbügel. Er zieht das hintere Ende der Fussplatte so nach Hinten, dass dadurch das vordere Ende mehr hervorgehoben wird. Die Wirkung kann meines Erachtens keine andere sein, als dass die Membran des runden Lochs mehr gespannt wird. Der Muskel wird also

Digitized by Google

ähnlich wie der tensor tympani zu starke Schallschwingungen abschwächen.

Fenestra rotunda und ovalis.

775. Der Steigbügel wird, wenn er in die fenestra ovalis tiefer eindringt, einen Druck gegen das Labyrinthwasser ausüben. Da aber Wasser unzusammendrückbar ist (p. 296), so kann nur dadurch eine Wirkung ausgeübt werden, dass in der Paukenhöhle noch eine Gegenöffnung, die fenestra rotunda, ist, welche gleichfalls mit einer Membran verschlossen ist, welche dem andrängenden Wasser ausweichen kann (E. Weber).

Eustachische Trompete.

776. Sehr wesentlich für das Hören scheint die Ab- und Zuleitung von Luft zur Trommelhöhle zu sein, was durch die mit ihr communicirende Eustachische Trompete geschieht. Ihre Verstopfung hat sehr leicht und, wie es scheint, leichter Taubheit zur Folge, als die Durchbohrung des Trommelfells, selbst mit Verlust des Hammers, wonach das Gehör noch in ziemlicher Vollkommenheit fortbestehen kann.

777. Man kann die Öffnung der Eustachischen Trompete mit den Löchern im Resonanzboden der Violine zur Verstärkung der Resonanz vergleichen (Henle), oder mit den Seitenöffnungen an den Soldatentrommeln (Itard).

778. Wenn bei verschlossener Mund- und Nasenöffnung Bewegungen, wie zur Inspiration, gemacht werden, so wird die in der Mund- und Rachenhöhle befindliche Luft vermindert, und so auch die in der Eustachischen Trompete. — Während dieses Vorganges hört man viel schlechter.

779. Ebenso wird das Hören beeinträchtigt, wenn man bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung Exspirationsbewegungen macht, und das Trommelfell durch die dichtere Luft sich spannt.

780. Zum Hören der eigenen Stimme trägt wahrscheinlich die Eustachische Trompete nichts bei.

Verbreitung der Schallwellen durch die Kopfknochen.

781. Sehr gering ist wahrscheinlich die Fortpflanzung der Töne durch die Kopfknochen, weil die Schallwellen aus der Luft sich sehr schlecht auf feste Körper verbreiten. Wenn man eine tönende Stimmgabel bei verstopften Ohren an den Scheitel legt, so hört man zwar einen Ton, aber er ist viel schwächer, als wenn die Stimmgabel an das Schläfenbein gesetzt wird, also nahe dem Ohre. Wenn hingegen der in einem festen Körper entstandene Ton unmittelbar zu den Kopfknochen übergeht, so wird er gut gehört, wie z. B. eine auf den Scheitel, oder gar an die unbedeckten Zähne aufgelegte Uhr bei verstopften Ohren, indess immer nicht so gut, als durch das Ohr selbst.

Inneres Ohr.

782. In dem inneren Theile des Gehörapparates scheint das sogenannte Labyrinthwasser, welches auch bei allen Wirbelthieren

Digitized by Google

gefunden wird, von besonderer Wichtigkeit, ohne dass man dessen bestimmtere Function kennt. Die Schallwellen, welche durch die Gehörknöchelchen, also von festen Körpern in das innere Ohr gelangen, werden hier in Wasserwellen umgesetzt.

783. Eben so unbekannt ist die Verrichtung der Kalksteinchen, Otolithen, welche sich in der Perilymphe des Vorhofes finden. Wahrscheinlich aber ist es, dass sie zur Fortleitung der Schallwellen aus dem Wasser dienen, so dass der Gehörnerv nicht nur von den unmittelbar aus dem Wasser kommenden, sondern auch den durch diese festen Körper fortgeleiteten Wellen affizirt wird (Müller). Dass diese Steinchen, wie Sand in den Chladnischen Klangfiguren, im Wasser bei Erzeugung eines Tones abspringen, ist nicht wahrscheinlich, da der Staub im Wasser während der Schallerzeugung nicht die geringste Bewegung macht.

784. Hinsichtlich der Function des Vorhofes kann man daran denken, dass die Flüssigkeit desselben die Resonanz verstärke, und dass die Schallwellen aus den Kopfknochen durch das Wasser gesammelt werden. Versuche haben hingegen gezeigt, dass auf diese Vortheile kein besonderer Werth zu legen ist (Müller).

785. In den halbcirkelförmigen Canälen wird der Schall etwas in der Richtung ihrer Krümmungen fortgeleitet, aber es würde mehr der Fall sein, wenn sie mit Luft gefüllt wären (Müller). Sehr merkwürdig sind die oben p. 758 angeführten Versuche von Flourens, nach welchen Wegnahme des einen oder andern halbcirkelförmigen Canals Zwangsbewegungen veranlasst. Rinne macht darauf aufmerksam, dass bei jeder Richtung, in welcher die Schallwellen durch Kopfknochen gehen, einer von den Canälen sie in möglichster Breite aufnimmt.

786. Da der modiolus der Schnecke fast parallel mit einer auf die Ebene des ovalen Fensters gezogenen senkrechten Linie läuft, so werden die Schallwellen, welche aus dem ovalen Fenster in die Schnecke treten, in gleicher Richtung verlaufen, indem die transversalen Schwingungen der Spiralplatte in jeder Windung in longitudinale des modiolus übergehen (Müller). — Über die Bedeutung der Schneckenwindungen für Schallaufnahme ist man vollständig im Dunkeln.

2) Gehörempfindungen.

787. Es kommen hiebei in Betracht, a) das empfindende Organ, b) die Erregungen, welche dasselbe in Thätigkeit setzen, c) das Object der Empfindung. Allgemeines.

Digitized by Google

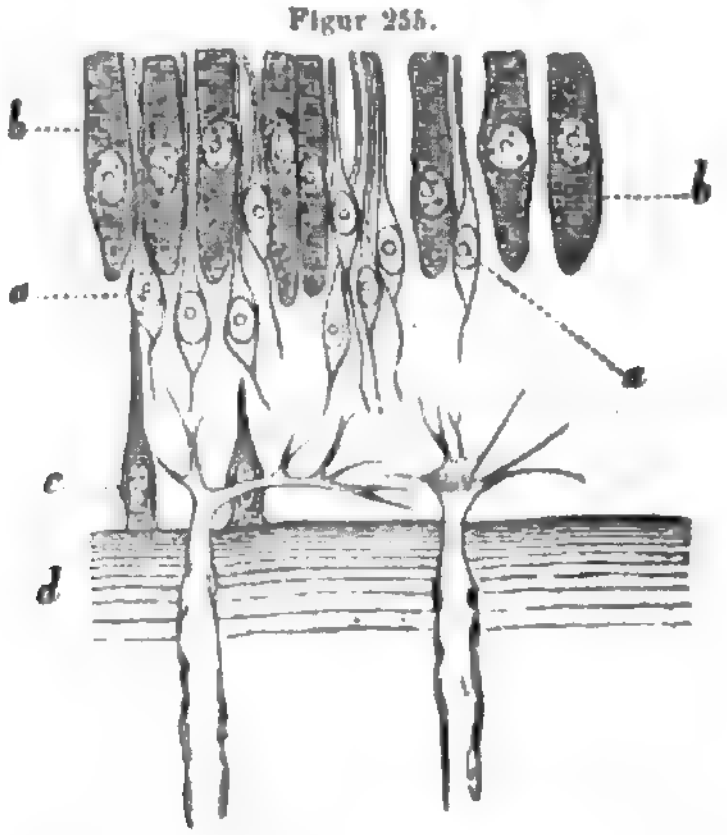
a) Empfindendes Organ.

788. Es lässt sich noch nicht mit voller Gewissheit behaupten, ob die Schallwellen, welche bis zum innern Ohre gelangt sind, nun direkt die Enden des Gehörnerven afiziren, oder ob noch ein anderer Apparat, ähnlich wie im Auge die Stäbchen- und Zapfenschicht, zunächst erregt, und von diesem die Erregung erst auf die Gehörnerven übergetragen wird. — Der Gehörnerv verbreitet sich theils in den Säckchen und Ampullen des Vorhofes, theils in der lamina spiralis der Schnecke. An beiden Orten bestehen eigenthümliche Vorrichtungen, mit welchen die Nervenenden in Beziehung zu stehen scheinen. Jedoch sind die schwierigen Untersuchungen über diesen Gegenstand noch nicht geschlossen, sie rühren her von Corti [1]), Kölliker [2]), Claudius [3]), Böttcher [4]), Leydig [5]), M. Schultze [6]), Deiters. [7])

Ampullen.

789. Über die Endigung der Nerven in den Ampullen heben wir die Beobachtungen von M. Schultze hervor, welche er bei

Figur 255.



Rochen anstellte. Der n. acusticus theilt sich in zwei Äste, welche sich in zwei Otolithensäcke und die drei Ampullen ausbreiten. So-

1) Corti in Zeitschr. f. wissensch. Zool. III, 109.

2) Kölliker, Gratulationsschrift f. Tiedemann u. Mikrosc. Anat. II, 749.

3) Claudius in Zeitschr. f. wissensch. Zool. VII.

4) Böttcher in Diss. inaug. Dorp. 1856 u. Virchow's Arch. XVII, 243.

5) Leydig, Lehrb. d. Histol. p. 263.

6) M. Schultze in Müll. Arch. p. 343.

7) Deiters in Zeitschr. f. wissensch. Zool. X, 1. — Unters. über die lam. spir. membr. Bonn. 1860.

Digitized by Google

bald sie eine Ampullenwand erreicht haben, treten sie in das durchsichtige Bindegewebe ein, und verlaufen in der dünnen Wand. Sie verbreiten sich fächerförmig, und gelangen bis zur Mitte der Ampulla. Hier liegt ein gelblich gefärbter leistenartiger Vorsprung, crista acustica, der jederseits in einen gelblich gefärbten Knopf übergeht. Von der crista aus verlaufen sie in dieser bis unter den Epithelialüberzug. Es hat den Anschein, als ob hier die Nerven endigten. Genauere Betrachtung bei starker Vergrösserung lehrte aber M. Schultze, dass die Nervenfasern, kurz ehe sie die Grenze des Bindegewebes erreichen, ihr Mark verlieren, und sich bis auf den Axencylinder verschmälern, und dass der Axencylinder die homogene Bindegewebslage durchbricht, und nackt in den hier sehr dicken Epithelialüberzug eindringt.

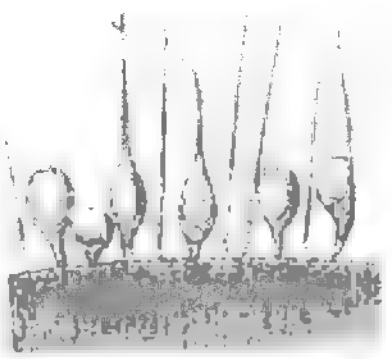
Wenn man das Epithel selbst untersucht, so finden sich in demselben drei Arten von Zellen, von denen Schultze die eine Basalzellen Fig. 255 *c*, die andere Cylinderzellen *b*, die dritte Fadenzellen *a* nennt. Die letztern scheinen mit den feinsten Fasern des n. acusticus zu communiciren, obwohl dies noch nicht sicher festgestellt ist. An dem einen Ende gehen sie in ein feines Stäbchen aus, welches zwischen den cylindrischen Epithelzellen liegt, am andern Ende spitzen sie sich zu, und hier eben müssen sie wahrscheinlich mit den Axencylindern zusammenhängen. In der Mitte findet sich eine Zelle, welche man vielleicht als Ganglienkörper zu deuten hat.

Am Ende des Epithelialüberzuges ragen endlich nach Schultze ganz feine lange Haare hervor, welche an ihrem Ursprunge oft blasenförmig ausgedehnt sind, s. Fig. 256.

790. In der Schnecke ist die lamina spiralis das für die Nervenverbreitung bestimmte Organ. In der lamina spiralis membranacea sind aber ausser den Nerven selbst noch eigenthümliche Vorrichtungen vorhanden, welche zuerst von Corti genauer beschrieben sind. Er theilt die lamina spiralis membranacea in zwei Abtheilungen, von denen diejenige, welche der Spindel am Nächsten liegt, zona denticulata, die äussere hingegen zona pectinata genannt wird. Auf dem innersten Theile der zona denticulata, welcher noch grösstentheils auf der lamina spiralis ossea aufliegt (habenula interna), findet sich eine Reihe hinter einander liegender Erhabenheiten, deren Spitzen Zähne erster Reihe heissen, und frei in den Raum der scala vestibuli hineinragen. — Eine zweite Region dieser zona (habenula externa) ist durch zwei Reihen stäbchenförmiger Gebilde ausgezeichnet, die in

Schnecke.

Figur 256.



Digitized by Google

der Mitte mit ihren einander zugekehrten Enden verbunden sind. Man nennt sie das Corti'sche Organ, oder Zähne zweiter Reihe. Man hat sie öfters mit den Stäbchen der retina verglichen. — Die Nerven treten zuerst durch kleine Öffnungen der lamina ossea, gelangen dann zur lamina membranacea, gehen hier in feine marklose Fasern über, und zeigen gangliöse Anschwellungen. Sie scheinen aber nicht in directer Verbindung mit den Zähnen zu stehen. — Man vergleiche über diesen noch nicht abgeschlossenen Gegenstand, die auf Seite 932 citirten Schriften.

b) Erregungen des Gehororgans.

791. Erregt wird der Gehörnerve zwar auch durch mechanische Einflüsse, vorzugsweise aber durch Schallwellen. Unsicher ist es bis jetzt, ob auch die Electrizität Gehörempfindungen veranlasst. Während Volta und Ritter derselben eine Einwirkung zugestehen, sahen Heydenreich und E. Weber keinen Ton entstehen, wenn ein galvanischer Strom durch die Ohren geleitet wurde. Die mechanischen Ursachen sind hauptsächlich innere, z. B. durch ausgedehnte Gefässe (bei Kopfcongestionen u. s. w.), Extravasate u. s. w., aber wahrscheinlich auch Erschütterungen. — Zu dieser Art von Gehörempfindungen gehört auch das Sausen bei verstopften Ohren, welches Ähnlichkeit mit dem Placentargeräusch hat. Übereinstimmend mit Harless und Funke schreibe auch ich dieses Geräusch von den Blutströmungen her. Man hört sogar selbst den Herzschlag durch. Dasselbe geschieht, wenn man im Bette das Ohr auf ein Kissen legt, wo man die Empfindung hat, als halte man das Ohr an das Herz selbst. Es geschieht die Fortpflanzung des Tons durch die festen Körpertheile, — insbesondere die Kopfknochen. Dasselbe geschieht, wenn das Ohr durch Ohrenschmalz verstopft ist. Das Sausen, welches Anämische im Ohre verspüren, mag vielleicht mit Ausdehnungen von Zweigen der vasa auditiva zusammenhängen. — Auch bei Verstopfung der Eustachischen Trompete erscheinen solche Töne, welche wahrscheinlich gleichfalls durch den Herzschlag sich vermittelst der festen Körpertheile bis zur Paukenhöhle verbreiten.

Objecte der Gehorempfindung.

792. Wirkt auf den Gehörnerven nur ein einziger Stoss, durch eine hinreichend starke Welle erzeugt, so nennt man das Resultat Schall; folgen sich mehre Stösse schnell hinter einander ohne regelmässige Intervalle, so entsteht das Geräusch, und sind endlich unter denselben Umständen die Intervalle gleich, so entsteht ein Ton.

793. Nach Savart sind mindestens zwei hinter einander folgende Stösse, welche aus vier Schwingungen bestehen (indem zu jedem ein Wellenberg und ein Wellenthal gehören), nöthig, um einen Ton zu erzeugen.

Digitized by Google

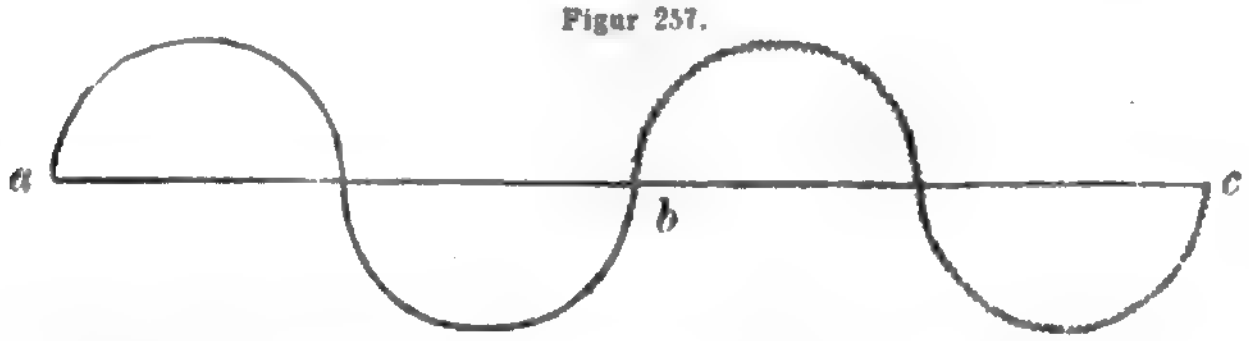
794. Wenn sich die Schwingungen der schallenden Körper sehr rasch hinter einander folgen, so entsteht ein hoher Ton. Nach Savart ist ein Ton noch unterscheidbar, welcher 48,000 einfachen Schwingungen in der Secunde entspricht. Im tiefsten Tone kommen hingegen 14 Schwingungen auf die Secunde.

Höhe und Klang der Töne.

795. An den Tönen unterscheiden wir wieder verschiedene Eigenschaften, die Tonhöhe, die Tonstärke, den Klang, die gemischten Töne.

796. Je mehr Schwingungsperioden in einer gewissen Zeit, z. B. einer Secunde gemacht werden, desto höher ist der Ton und umgekehrt. Zu einer jeden Schwingungsperiode gehört ein Wellenberg und ein Wellenthal. Die Wellenlänge, wird also von der Empfindung des Gehörs eben so wahrgenommen, wie die Farbe von dem Gesichtssinne. Die Tonhöhe bezieht sich also auf die Zeit, welche verläuft, bis eine Schwingungsperiode vollendet ist. — Die Tonstärke wird durch die Stärke des Anschlags bewirkt, hängt also von dem absoluten Werthe der beschleunigenden Kräfte ab, ist proportional der Excursion der Schwingungen. — Der Klang wird durch die Modification bedingt, mit welcher in einer Schwingungsperiode die Bewegungen erfolgen. Zwei Töne können von gleicher Höhe sein, und doch sehr verschiedenen Klang haben. Es werden dann in derselben Zeit gleich viel Schwingungen gemacht, aber die Folge, in welcher sich die schwingenden Theilchen bewegen, ist ungleich. Man kann sich dies durch folgende Curven klar machen. —

Figur 257.



a b und *b c* haben gleiche Wellenlänge, also gleiche Höhe, aber die Theilchen zeigen eine ungleiche Geschwindigkeitsfolge. [1])

Combinationstöne.

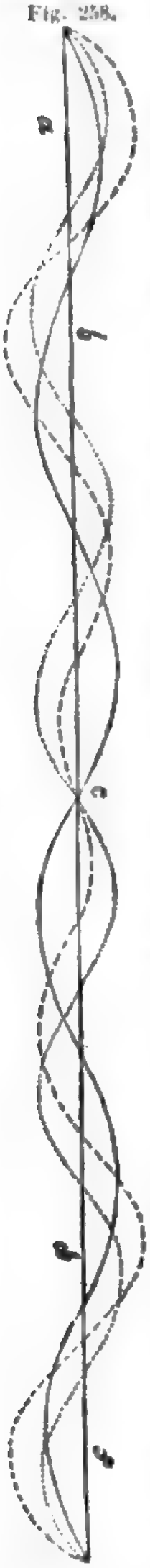
797. Wenn zwei Töne, welche in derselben Zeit nahezu dieselbe Anzahl von Schwingungen machen, aber doch nicht isochron sind, gleichzeitig unser Ohr afficiren, z. B. durch zwei Orgelpfeifen, welche nahezu unisono sind, so hören wir abwechselnd den Ton anschwellen und nachlassen, was die Physiker Schweben der Töne nennen. — Es können nun die Verdichtungen des einen Tones mit

1) Vgl. Seebeck, l. c. — Helmholtz in Poggendorf's Ann. 99, 536.

Digitized by Google

denen des andern zusammenfallen, dann wird der gemeinschaftliche verstärkt. Andererseits können die Verdichtungen des einen Tones mit den Verdünnungen des anderen Tones zusammenfallen, dann heben sie sich gegenseitig auf. Dies lässt sich durch beistehende graphische Darstellung klar machen. Die beiden Linien, die fortlaufende und punctirte sollen die Wellensysteme zweier, nicht ganz isochronischer Töne andeuten. — Da wo, wie bei *a b d f*, die Wellenberge beider Systeme zusammenwirken können, entsteht eine Verstärkung des Tones, wo aber, wie bei *c* Wellenberg und Wellenthal zusammenfallen, oder sich nur annähern, wird der Ton geschwächt. Er wird dann in der That nur intermittirend, und stossweise gehört, was eine unangenehme Empfindung hervorbringt (Helmholtz, l. c.).

Fig. 258.



Wenn aber die Differenzen in den Schwingungen zweier gleichzeitig gehörten Töne bedeutend sind, so entsteht ausser den zweien noch ein dritter Ton, den man Combinationston nennt. Wenn z. B. gleichzeitig ein Ton und seine Quinte *g* tönen, so hört man auch noch die nächste tiefere Octave.

Schärfe und Feinheit des Gehörs.

798. Das feine Gehör beruht auf der genauen Unterscheidung in der rascheren oder langsameren, regelmässigen oder nicht regelmässigen Folge der Stösse, welche den Gehörnerven treffen. Das feine Ohr unterscheidet auch die kleineren Differenzen der Höhe und Tiefe der Töne.

799. Scharf ist das Gehör, welches kleine Schwingungen noch auffasst, die entweder durch leise Stösse, oder trotz grosser Entfernungen im innern Ohre entstehen. [1])

800. Ein feines und scharfes Gehör sind keineswegs immer vereinigt, vielmehr hören viele Menschen sehr scharf, aber nicht fein, und umgekehrt. — Es gibt Zu-

---

1) Ich habe einen Fall beobachtet, in welchem bei einem Menschen die ganze rechte Körperhälfte leichter ermüdete, als die linke, das rechte Ohr, die rechte Wange nach Anstrengungen viel eher sich erwärmten und brannten, als die linken entsprechenden Theile, wahrscheinlich in Folge eines Nachlasses des Muskel-tonus. Derselbe hörte den Schlag einer Taschenuhr, welche auf die rechte Schläfe oder den behaarten vorderen Scheitel gelegt wurde, gar nicht, wohl aber sehr deutlich auf der linken Seite. Auch musste die Entfernung, von welcher aus dieser Schlag gehört wurde, auf der rechten Seite merklich geringer sein, als auf der linken.

Digitized by Google

stände erhöhter Reizbarkeit, in welchen vorübergehend das Gehör an Schärfe, und an Feinheit beträchtlich zunimmt.

801. Wie auf der retina Nachbilder, so bleiben auch Nachempfindungen im Gehöre zurück. Diese Nachempfindungen können viele Stunden lang fortbestehen. Nachempfindungen.

802. Im Ohre des Menschen sind die Bewegungen sehr beschränkt. Nur Wenige können das äussere Ohr der Richtung des Schalles zulenken, oder Veränderungen der concha durch die kleinen Ohrmuskeln bewirken. — Über die Bewegungen am Trommelfell und an der Steigbügelmembran ist schon gehandelt worden. Bewegungen.

3) Psychische Actionen.

803. Wie alle Sinnesempfindungen, verlegen wir auch die des Gehörs nicht in uns, sondern ausser uns; wir objectiviren sie. Obgleich wir den Ton, welchen wir vernehmen, auch an einen bestimmten Ort im Raume versetzen, so ist doch wesentlich der Gehörsinn dazu bestimmt, das Zeitliche, das Nacheinander aufzufassen, während dem Gesichtssinne die Räumlichkeit, das Nebeneinander zukommt.

804. Die Richtung und Entfernung des Schalls werden nicht gehört, sondern nur durch Urtheil erkannt. Es finden jedoch hier sehr leicht Täuschungen Statt, vorzüglich weil die stärkere Wirkung des Schalles auf eines der beiden Ohren das hauptsächlichste Erkennungszeichen ist, — und dann, weil das gewöhnliche schalltragende Medium, die Luft, oft in einer andern Richtung zum Ohre gelangt, als wo sich der schallerregende Körper befindet. Wir unterstützen das Urtheil über die Richtung wesentlich durch Bewegungen des Kopfes, ziehen also unser Muskelgefühl zu Hülfe. Richtung.

805. Das einfache Hören mit zwei Ohren beruht wahrscheinlich gleichfalls auf einem Urtheile, hervorgegangen aus der vollkommenen Identität der Eindrücke auf beide Ohren.

806. Bei jedem feinen und scharfen Hören tritt die Aufmerksamkeit zugleich mit ins Spiel, durch welche man auch im Stande ist, unter vielen Tönen einen allein zu unterscheiden.

C. Riechen.

807. Als Erfordernisse zum objectiven deutlichen Riechen hat man zu betrachten: 1) dass die riechbaren Stoffe durch die Luft der Schleimhaut der Nase mitgetheilt werden; 2) dass der dadurch gemachte Eindruck empfunden werde; 3) dass gewisse Bewegungen Erfordernisse.

Digitized by Google

mitwirken; 4) dass durch Seelenactionen die richtige Empfindung möglich gemacht werde. [1])

Riechbare Stoffe.

808. Das Riechbare lässt sich von den Körpern, an denen es haftet, nicht isoliren. Manche sehr stark riechende Körper verlieren noch nach Jahren ihren Geruch nicht, und werden dennoch nicht merklich leichter. So rochen Papiere, welche mit Ambra durchduftet waren, noch nach 40 Jahren (Haller). Die riechbare Materie muss daher in so geringer Menge das Geruchsorgan afiziren, dass sie durch Wägung nicht erkennbar wird. Nach Valentin roch noch Luft, welche in 1 CC. $^1/_{30000}$ Mgrm. Brom enthielt; ferner bemerkte er, dass noch $^1/_{2000000}$ Mgrm. des Weingeistextractes von Moschus durch das Geruchsorgan empfunden wird.

809. Die riechbaren Materien hängen an manchen Körpern mit grosser Tenacität, an andern hingegen gehen sie rasch zu Grunde. Der Resedageruch z. B. verschwindet sehr rasch durch Krankheiten der Pflanze. Manche Blumen werden schon durch Reiben geruchlos. Hingegen behalten Moschus und Ambra selbst in den kleinsten Partikelchen den Geruch bei; auch der faulige Geruch haftet lange Zeit.

Medium.

810. Die Riechstoffe kommen, wenigstens bei luftathmenden Thieren, niemals in einem andern Medium zur Empfindung, als wenn sie durch die Luft fortgepflanzt werden. Eingespritzte, stark riechende Stoffe werden nicht gerochen (Tourtual). — Beim Anhalten der Inspiration ist die Geruchsempfindung sehr vermindert.

Geruchsnerv.

811. Die Empfindung des Geruchs ist an das Vorhandensein des n. olfactorius gebunden, dessen Durchschneidung bei Thieren, oder angeborner Mangel den Geruch ausschliesst. Krankheiten der Nasenschleimhaut beeinträchtigen gewöhnlich rasch den Geruch.

812. Der Geruchsnerv reicht nicht weiter herab, als bis zur mittlern Muschel, während die untere nicht mehr davon versorgt wird. Die riechbaren Stoffe müssen daher in die obere Nasengegend gebracht werden, und nicht auf gradem Wege durch die Choanen durchgehen. Wenn die untere Muschel fehlt, so kann eine mit Riechstoffen imprägnirte Luft sich in den Räumen der Nasenhöhle nicht so verbreiten, als unter normalen Verhältnissen. Daher leidet nach Bidder der Geruch bei jenem Mangel. Durch Einschlürfen der Luft riecht man besser, weil man den obern Partien mehr zuführt. Beim Ausathmen wird die Lungenluft rasch ausgetrieben, und erreicht auch nur wenig das Gebiet der Riechschleimhaut.

Bewegung.

813. Zur bessern und deutlichern Geruchsempfindung scheint

---

1) Man vergl. Bidder in Wagner's Handwörterbuch. II, 920. — Valentin's Physiologie. II b. p. 279. — Longet, Physiologie. I, 159. — Tourtual, Die Sinne des Menschen. Münster 1827. — Bowman in Todd's Cyclop. II.

Digitized by Google

eine stärkere Bewegung der Luftschicht, in welcher der riechbare Stoff enthalten ist, nothwendig zu sein. In der Nähe eines Fensters, wo sich die äussere Luft mit der Stubenluft mischt, riecht man deutlicher, als im übrigen Zimmer. Man kann auch einen stark riechenden Körper unter der Nase haben, wie z. B. Ammoniak, und ihn doch nicht riechen, wenn man den Athem anhält, während er sogleich empfunden wird beim Einathmen (Bidder). Um deutlich, und scharf zu riechen, können wir zwar nicht, wie wir beim Sehen das Auge nach den zu sehenden Objecten hin und her rücken, die Nase nach den zu riechenden Stoffen bewegen, aber wir richten den Luftzug durch Contractionen der Nasen- und Gesichtsmuskeln gegen den obern Theil der Nase.

Bau des Geruchsnerven.

814. Das Riechbare afficirt die eigenthümlich gebauten Enden des Riechnerven. Die neuern Untersuchungen von Ecker, Eckhard, M. Schultze haben gelehrt, dass die Nervenfasern bis an die Nasenoberfläche gelangen.

815. Nach Ecker und Eckhard gehen die Fasern des n. olfactorius in Zellen über, welche man wahrscheinlich als Ganglienzellen zu betrachten hat, und zwar als bipolare, indem an der einen Seite eine Nervenfaser eindringt, an der andern Seite eine andere Faser entsteht, welche sich bis an die Oberfläche der Riechschleimhaut begiebt und in die Epithelzellen übergeht. Nach M. Schultze hingegen liegen die Endfasern zwischen dem Epithel und gehen nicht in dasselbe ein, was auch Ecker später bestätigt hat. Höchst merkwürdig ist, dass sehr lange haarförmige Anhänge von den Enden der Riechnervenfasern entspringen und frei in die Höhle hineinragen. Diese Cilien wurden von verschiedenen Beobachtern, namentlich M. Schultze, gesehen. Nach demselben Forscher ist im Innern der Fasern des olfactorius eine Anzahl ausserordentlich feiner (0,0002—0,001‴) und zarter Fäserchen enthalten. [1]) — Auf der zum Riechen bestimmten Schleimhaut der Nase, also der obersten Region, fehlen im Ganzen die Cilien, welche nur am Eingange vorhanden sind. Jedoch kommen flimmernde Stellen vor, und Kölliker beobachtete an einem Enthaupteten Flimmerbewegung in der Riechschleimhaut. Der Geruch wird momentan aufgehoben, wenn die beiden Nasenlöcher mit Wasser angefüllt werden (E. H. Weber) [2]).

---

1) Man vgl. Eckhard, Beiträge zur Anat. u. Physiol. I, 79. — Ecker in Verhandl. der Freiburger Gesellschaft. 1855. p. 199, und in Henle's Jahresber. 1856. p. 117. — M. Schultze in Monatsbericht der Berliner Akademie. 1856. Nov. — Seeberg u. Erichsen, Dissert. Dorpat 1856 u. 1857. (Diese Forscher schreiben den Fasern des n. olfactorius bindegewebige Natur zu.)

2) E. H. Weber in Müller's Archiv. 1847. p. 342.

Digitized by Google

Nachempfindung. 816. Die Empfindung schwindet nicht augenblicklich, nachdem der riechende Stoff entfernt ist, — wobei es aber unentschieden ist, ob kleine Riechtheilchen zurückgeblieben sind, oder diese Erscheinung als Nachempfindung zu betrachten ist.

Seelenaction. 817. Durch Aufmerksamkeit erinnert man sich bei einer neuen Geruchsempfindung schon vorhandener früherer, und kann an demselben Gegenstande mehrere Gerüche unterscheiden.

Subjective Gerüche. 818. Durch krankhafte Zustände der Geruchsorgane und des Gehirns, so wie auch durch Vorstellungen von Gerüchen entstehen subjective Gerüche, wie z. B. an Orten, wo stinkende Materien befindlich sind, auch dann die Empfindung bisweilen entsteht, wenn jene entfernt wurden.

819. Stark riechende Körper können so auf das Nervensystem wirken, dass Ohnmachten entstehen und vergehen können.

Nebenhöhlen. 820. Auf welche Weise die Nebenhöhlen der Nase zum Geruche beitragen, ist unbekannt. Sie selbst haben keine Geruchsempfindung.

D. Schmecken.

Erfordernisse. 821. Zum deutlichen Schmecken sind: a) die materielle Berührung des Geschmacksobjectes mit dem Geschmacksorgane; b) Bewegungen der Zunge; c) die Empfindung der Geschmacksnerven; d) Aufmerksamkeit und Urtheil erforderlich. [1])

Schmeckende Stoffe. 822. Man hat nach Schirmer vier Gruppen schmeckender Stoffe zu unterscheiden, bittere, süsse, salzige, saure. Manchen Stoffen, welche aber in der That nur das Geruchsorgan afiziren, indem sie in die Choanen eindringen, wie z. B. die aromatischen, schreibt man mit Unrecht Geschmack zu, beim Verschlusse der Nasenlöcher haben sie keinen Geschmack. Das, was wir als scharfen, zusammenziehenden, stechenden, sandigen, fettigen, schleimigen Geschmack be-

---

1) Über den Geschmackssinn sind zu vergl. Panizza in Fror. Not. 1837. No. 75, und Vers. über die Verricht. der Nerven. Erlangen 1835. — Alcock in Lond. med. gaz. 1836. Nov. u. Frorieps u. Not. I, 18, p. 272. — Valentin, De funct. nerv. p. 116. — Longet, Traité du phys. II, 297. — Desselben Anat. des Nervens., übers. von Hein. II. — Horn, Über den Geschmackssinn. Heidelberg 1825. — R. Wagner, Phys. 3. Aufl. p. 337. — Bidder in Wagner's Handwörterb. III, a. — J. Müller, Phys. II, 490. — Klaatsch u. Stich in Virch. Archiv. 1858. XIV, 225. — Schirmer, Dissert. 1856, u. Deutsche Klinik. 1859. Nr. 11. — Budge, ebend. — Picht, De gustus et olfactus nexu. Berol. 1829. — Kornfeld, De funct. nerv. ling. Berol. 1836. — Stannius in Müller's Archiv. 1848. p. 138. — Biffi u. Morganti, Sui nervi della lingua. Milano 1846.

Digitized by Google

zeichnen, gehört der feinen Tastempfindung und dem Gefühle der Zunge an. —

823. Die Geschmacksobjecte müssen gelöst sein, bevor sie empfunden werden. Ehe sich daher ein fester schmeckender Körper durch die Feuchtigkeit der Zunge gelöst hat, wird er nicht geschmeckt.

824. Es ist unbekannt, welche Eigenschaften zusammenkommen müssen, wenn ein Körper schmeckbar wird. Die Natur des Schmeckbaren ist ganz dunkel. Oft scheint es von flüchtiger Beschaffenheit zu sein, indem sehr viele Stoffe durch langes Liegen ihren Geschmack verlieren. Wenn die chemischen Bestandtheile eines Körpers sich umändern, so ändert sich sogleich der Geschmack, wie das z. B. vor dem Reifen und bei der Überreife der Obst- und Fruchtarten, wo das Saure in das Süsse, das Süsse in das Mehlige, oder bei dem Erfrieren der Kartoffeln, wo das Mehlige in das Süsse übergeht, bemerkt werden kann. — Auch durch Electrizität entstehen Geschmacksempfindungen. Wenn man zwei Metalle an die Zunge bringt, so entsteht am positiven ein saurer, am negativen ein schwach alkalischer Geschmack. — Der saure Geschmack entsteht nach Volta auch dann, wenn eine alkalische Flüssigkeit die Stelle benetzt, weshalb er schliesst, dass derselbe nicht durch Electrolyse hervorgebracht ist. Nach Pfaff soll der aufsteigende Strom stärkere Geschmacksempfindung, als der absteigende erregen, und nach Ritter bei Öffnung der Kette die Wirkung stärker sein, als während des Geschlossenseins. [1])

Bewegungen.

825. Durch Bewegungen der Zunge werden die schmeckbaren Körper mit vielen Stellen der schmeckenden Oberfläche in Verbindung gesetzt, und durch Zufluss von Speichel und Schleim das Lösbare gelöst, und dadurch empfunden. — Wird die Zungenspitze kurze Zeit in warmes (von 41° bis 42° R.) Wasser, oder in Eis gebracht, so wird momentan die Geschmacksfähigkeit abgestumpft, oder selbst aufgehoben (E. H. Weber).

Geschmacknerven.

826. Von den drei Nerven, welche die Zunge versorgen, verbreitet sich der Zungenzweig des n. glossopharyngeus hauptsächlich am hintern Theile der Zunge, und seitlich im arcus glossopalatinus; jedenfalls gelangen Äste, welche mit blossem Auge sichtbar sind, nicht bis zur Mitte. Seine feinen Zweige lassen sich bis in die papillae vallatae verfolgen, nicht aber bis zum mittlern Theil des weichen Gaumens, und bis zur Stelle hin, wo sicher geschmeckt wird. Der n. hypoglossus schickt seine stärksten und meisten Zweige in den m. genioglossus, versorgt aber auch die andern Zungenmuskeln. Der n. lingualis trigemini verbreitet sich, wie es scheint, hauptsächlich in der Schleimhaut der Zunge, besonders an der Spitze und den Seiten.

---

1) Vgl. Dubois-Reymond, Untersuchungen. I, 287 u. 339.

Digitized by Google

827. Alle Beobachtungen haben das gleiche Resultat geliefert, dass die Durchschneidung des n. hypoglossus keinen Einfluss auf den Geschmack hat, und bloss die Zungenbewegung lähmt.

828. Hinsichtlich der zwei andern Nerven, des n. glossopharyngeus und n. lingualis trigemini, haben die Experimente nicht gleiche Resultate geliefert. Nach Panizza, Valentin und Stannius schmecken Hunde und Katzen nicht mehr, wenn ihnen die beiden n. glossopharyngei durchschnitten worden sind. Sie trinken dann z. B. Coloquintendecoct in der Milch. Hingegen fanden diese Forscher den n. lingualis ohne Einfluss auf den Geschmack. — Nach Müller, Kornfeld, Biffi und Morganti ist nach Durchschneidung der n. glossopharyngei der Geschmack nicht ganz aufgehoben. — Bei diesen widersprechenden Ergebnissen der Experimente an Thieren ist es von besonderer Wichtigkeit bei Menschen die Stellen zu prüfen, welche Geschmacksempfindung haben. Ohne Ausnahme rechnen alle Beobachter die Wurzel der Zunge dazu, dem weichen Gaumen wurde von Valentin, J. Müller, Kornfeld, Verniere, Stannius, Biffi, Morganti, Klaatsch, Stich, Schirmer und mir dieses Vermögen zugeschrieben, von R. Wagner, Bidder und Funke hingegen in Abrede gestellt. Schirmer gibt folgende Stellen als geschmackvermittelnde an: 1) die Zungenspitze, 2) die Ränder der Zunge von der Spitze bis zur Basis, 3) den hinteren Theil der Zungenoberfläche, wo die papillae vallatae befindlich sind, 4) vom weichen Gaumen jenen Streif, der dem harten Gaumen zunächst liegt, 5) vom arcus glossopalatinus den unteren Theil kurz, ehe er zur Zunge herabsteigt. — Alle übrigen Partien der Mund- und Rachenhöhle sind ohne Geschmacksempfindung.

Diese Resultate Schirmer's kann ich nach eignen Beobachtungen vollständig bestätigen. Es sind in Bonn von neun Ärzten und mir gemeinschaftlich 1853 zahlreiche Versuche über die Fähigkeit der einzelnen hier in Betracht kommenden Organe gemacht worden, welche das Resultat lieferten, dass z. B. Zucker stets besser von der Spitze, als vom hintern Zungentheile geschmeckt wird, indem eine sehr verdünnte Lösung, auf die Spitze gestrichen, sogleich empfunden wurde, während auf der Zungenwurzel sich kein Geschmack mehr davon kund gab. — Ohne Geschmacksempfindung zeigten sich die Schleimhaut der Mundhöhle, die untere Fläche der Zunge, der harte Gaumen, der pharynx. — Hingegen scheint es, dass durch das Aneinanderreiben zweier schmeckender Organe, wie der Zungenwurzel und des weichen Gaumens, manche Eigenthümlichkeiten im Geschmacke besser empfunden werden, auf analoge Weise, wie man zum Fühlen die Körper zwischen zwei Fingerspitzen bringt.

Digitized by Google

829. Nach den angegebenen Versuchen muss man also annehmen, dass wenigstens bei dem Menschen drei Nerven befähigt sind, von schmeckenden Stoffen afficirt zu werden, der r. lingualis des n. glossopharyngeus, der r. lingualis des n. trigeminus und wahrscheinlich die n. palatini des n. trigeminus.

830. Es ist nicht ausgemacht, ob bestimmte Organe des Geschmacks vorhanden sind. Man könnte zunächst an die papillae vallatae denken, weil grade in ihrer Gegend ohne Zweifel der feinste Geschmack ist. Wenn aber auch die Zungenspitze und der weiche Gaumen schmecken kann, so darf man jene Papillen nicht als das alleinige Organ ansehen. Nach Stricker [1]) enden die Geschmacksnerven in Endanschwellungen und hängen mit Epithelzellen zusammen. Nach Billroth [2]) haben die Papillen eigenthümliche Zellen an ihrer Spitze, die vielleicht mit Nerven communiciren.

831. Durch die Empfindung ist man im Stande, zwei Geschmackseindrücke zugleich, oder kurz hinter einander aufzufassen.

Subjectiver Geschmack.

832. Durch mechanische Reizungen der Zunge soll zuweilen ein subjectiver Geschmack entstehen. Sehr häufig kommt ein nicht durch äussere Objecte entstandener Geschmack in Krankheiten vor, von dem es aber unentschieden ist, ob er nicht durch krankhaft erzeugte Producte in der Mundhöhle entsteht. Dahin gehört z. B. der süsse, welcher bei Brustkranken vorkommt.

Psychischer Einfluss.

833. Der Geschmack wird durch Aufmerksamkeit deutlicher.

834. Reproductionen von Geschmacksempfindungen kommen noch schwieriger zu Stande, als Reproductionen von Geruchsempfindungen.

E. Tasten.

Unterschied zwischen Tasten u. Fühlen.

835. Da das Tasten zu den Sinnesempfindungen gehört, so müssen alle die Wahrnehmungen, durch welche wir nur Zustände unsers eigenen Körpers, und nichts Objectives erkennen, als nicht vom Tastsinne ausgegangen betrachtet werden. Es gehören mithin z. B. nicht hierher das Gefühl des Durstes, des Hungers, der Wollust, des Kitzels, des Schmerzes, der eigenen Körperwärme u. s. w., welche man unter dem gemeinsamen Namen: Gemeingefühl, Coenaesthesia, zusammenfasst. — Durch Tasten hingegen lernt man die Temperatur, Cohäsion und Schwere, Grösse und Form der Körper

1) Stricker in Wiener Sitzungsbericht. 1857. XXVI, 3.

2) Billroth in Archiv für Anatomie. 1858. p. 159. — Vgl. dagegen Fixsen, De ling. ranin. text. Diss. Dorp. 1857.

Digitized by Google

kennen. — E. H. Weber unterscheidet drei Vermögen des Tastsinnes, nämlich die Temperatur, den Druck und den Ort zu empfinden, und nennt diese Temperatur-, Druck- und Ortssinn. — Der erste dieser drei Ausdrücke ist vollkommen bezeichnend. — Der Drucksinn gründet sich auf der Empfindung des Widerstandes, welchen ein Körpertheil einem gegen ihn einwirkenden Reiz leistet. Durch ihn unterscheiden wir die verschiedenen Cohäsionsgrade, hart, weich, flüssig etc., ferner durch Vergleichung den Grad des Druckes, das Gewicht; endlich die Ausdehnung (Zerrung) und Verengerung eines Theiles. — Obwohl der Name Drucksinn nicht bezeichnend genug ist, so ist er doch eingebürgert, und wir behalten ihn bei. — Unter Ortssinn versteht man das Vermögen, zwei gleichzeitig auf verschiedene Hautstellen gemachte Eindrücke als räumlich getrennte zu unterscheiden. Wir fassen ihn als Schärfe der Tastempfindung auf, wie wir auch eine analoge Erscheinung im Gesichtssinne haben. — Die Grösse und Form der Objecte lernen wir nur dadurch kennen, dass wir unsere tastenden Theile über den zu untersuchenden Gegenstand hinweg bewegen.

Erfordernisse.

836. Die Erfordernisse zum Tasten sind analog denen des Gesichtssinnes, nämlich 1) innige und hinlängliche Berührung des zu erkennenden Körpers; 2) Empfindung dieser Berührung, zu welcher wieder erforderlich ist Gemeingefühl, und zwar a) dass wir Gefühl von der Lage der einzelnen Theile des Körpers haben: so fühlen wir z. B., dass der Fuss an den Unterschenkel gränzt, dass zwischen Bauch- und Rückenhaut noch ein ausgefüllter Raum vorhanden ist u. s. w., kurz das Gefühl der Örtlichkeit der Körpertheile; b) Gefühl unserer eigenen Körperwärme; c) Gefühl, ob etwas Fremdes mit den äussern Umgebungen des Körpers in Berührung ist, und Gefühl des Widerstandes gegen fremde Körper; d) Gefühl von der Intensität und Extensität der Bewegungen, so dass wir z. B. die Schnelligkeit unterscheiden, mit der das eine, oder das andere Mal der Arm aufgehoben wird. 3) Bewegungen der tastenden Flächen, Aufmerksamkeit, Urtheil und Combination, indem nämlich jedes Mal beim Tasten ein Vergleich mit dem vorhandenen Gefühl, und dem durch einen fremden Körper neu entstandenen angestellt, und, indem frühere Erfahrungen hinzukommen, ein Urtheil über die Form, Wärme u. s. w. der fremden Körper gefällt wird. — Wenn die unter 2) genannten Gefühle aufgehoben sind, so ist das Tasten unmöglich. Dies geschieht z. B. durch starken Druck. Wird der n. ulnaris gedrückt, wenn man etwa auf dem Arme liegt, so weiss man nicht mehr, dass man einen kleinen Finger hat, man kennt seine normale Schwere nicht, und ist auch nicht mehr im Stande, damit zu tasten. — Hingegen

Digitized by Google

kann ein Theil gefühllos gegen schmerzerregende Einflüsse sein, und doch Tastempfindung haben.

1) Communication des Objectes mit Tastnerven.

837. Grade so, wie das Bild auf der retina scharf entworfen werden muss, um eine Gesichtsempfindung zu bewirken, so muss auch der durch den Tastsinn wahrzunehmende Gegenstand die betreffenden Nerven treffen. Daher wird eine zu derbe Oberhaut die Empfindung beeinträchtigen. Wenn die Tastfläche der Finger mit Öl bestrichen ist, oder die Zunge einen Beleg hat, so ist gleichfalls ein feines Tasten nicht möglich. — Die Art, in welcher sich die erregenden Eindrücke bis zur empfindenden Stelle fortpflanzen, ist noch nicht ganz klar. Die Wärme, als das Resultat einer Molekularbewegung, verbreitet sich durch bestimmte Oscillationen von Ätherтheilchen. Bei der Einwirkung des Druckes, als Ursache einer Tastempfindung, lässt sich denken, dass die kleinsten Hauttheilchen sich verschieben und auch dadurch Oscillationenen entstehen, welche die Nervenenden affiziren, wie auch Lotze, Meissner und Funke annehmen.

2) Empfindung der afflizirten Nervenenden.

838. a) Organe des Tastsinnes. Der Tastsinn gibt sich nicht nur auf der äussern Haut kund, sondern auch auf einigen Schleimhautflächen. Wir müssen nämlich allen Körpertheilen Tastsinn zuschreiben, durch welchen wir im Stande sind, die Wärme, Cohäsion oder Schwere zu bestimmen. E. H. Weber rechnet von innern Theilen nur die Zunge, den Gaumen, den Schlund, den vordern Eingang und den Boden der Nasenhöhle dazu, nicht aber die Schleimhaut der Speiseröhre und des Magens. Man kann indess Kälte und Wärme von Speisen und Getränken sehr wohl, wenn sie in den Magen kommen, sogleich wahrnehmen und Verschiedenheit der Temperatur, wenn auch keineswegs genau abschätzen. — Ich kann daher nicht finden, wie E. H. Weber (p. 515), dass das allmählige Hinabdringen des kalten Wassers durch die Speiseröhre nicht gefühlt werde. —

Körpertheile, welche mit Tastsinn begabt sind.

839. Man hat schon früher die Papillen der Haut in eine gewisse Beziehung zum Tasten gebracht. Nun haben aber die Untersuchungen von Meissner und R. Wagner [1]) ergeben, dass nicht in

1) R. Wagner in Müller's Archiv. 1852. p. 493. — G. Meissner, Beiträge zur Anatomie und Physiol. der Haut. Leipzig 1853; und Henle's Zeitschrift. 1859. 3. Reihe. VII, 92. — Kölliker in Zeitschrift für wiss. Zoologie. IV, 43. Würzburger Verh. 1851. V, 25. — Nuhn u. Gerlach, Illustrirte med. Zeitung. 1852. II. — Huxley in Journ. of micr. sc. 1858. Oct.

Digitized by Google

Figur 259.

Tastkörperchen.

alle Papillen Nerven hineingehen, sondern auch solche vorhanden sind, welche bloss Gefässschlingen und keine Nerven enthalten, und nur wenige, in welchen Nerven und Gefässe vorkommen. Wenn man senkrechte Durchschnitte der Haut der Volarfläche eines Fingers durch Ätznatron oder Essigsäure durchsichtig gemacht hat, so bemerkt man, dass in eine Papille der erst genannten Art 1, 2, 3, oder selbst 4 Nervenstämmchen eintreten. In der Axe der Papille findet sich ein eigenthümliches längliches Körperchen, welches man Tastkörperchen nennt. Es ist mit unregelmässigen Querstreifen versehen. Die Nerven lassen sich eine Strecke weit in dieselben verfolgen, ohne dass bis jetzt die Art der Endigung vollkommen klar ist. Es scheint als ob die Nervenenden unmittelbar in diese Querstreifen sich auflösen. — Am zahlreichsten sind dieselben in der Volarfläche der Nagelglieder. In einer Quadratlinie an diesem Gliede des Zeigefingers fand Meissner 108 Tastkörperchen. Sie finden sich aber auch, wenn auch sehr vereinzelt, auf dem Rücken der Hand und der Finger, selbst an der Handwurzel (Meissner).

An die Tastkörperchen schliessen sich die oben erwähnten kolbenförmigen Endigungen der sensiblen Nerven, welche von Luschka [1]) zuerst in den Brustwarzen, dann von V. Krause [2]) selbständig gefunden, und als Endkolben von ihm bezeichnet worden sind. Er fand sie in der conjunctiva, der Zunge, im weichen Gaumen, in den Lippen, in der Schleimhaut der glans penis und clitoridis. Sie sind $^1/_{70}$—$^1/_{30}$‴ lang und $^1/_{70}$—$^1/_{60}$‴ breit.

Es lässt sich bis jetzt jedoch nicht bestimmen, ob die Tastkörperchen, die Endkolben, die Pacinischen Körperchen als Organe für den Tastsinn zu betrachten sind, oder ob nicht alle Nerven in dieser Weise endigen.

840. b) Objecte des Tastsinnes. Eine der einfachsten Tastempfindungen ist die des Druckes, ohne dass dadurch Schmerz hervorgebracht wird. Er beginnt mit der Berührung, welche ohne Bewegung der berührenden Fläche ausgeführt wird. Nach den Untersuchungen von Aubert und Kammler [3]) ist die Stirnhaut beson-

1) Luschka in Müller's Archiv. 1852. p. 406; und Deutsche Klinik. 1858. No. 45.

2) Krause, Nervenendig. Leipzig u. Heidelberg 1858.

3) Aubert und Kammler in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre. 1858. V, 145.

Digitized by Google

ders empfindlich, ein Gewicht von 2 Mgrm. wird empfunden, während es an den Fingern 10—15 Mgrm. betragen muss.

Beim Eintauchen der Hand in Wasser oder Quecksilber von der Temperatur des Körpers empfindet man den Druck dieser Flüssigkeiten an der eingetauchten Stelle selbst nicht, wohl aber an der Gränze der Flüssigkeit, und zwar auf der Volar-, nicht auf der Dorsalfläche. — Meissner[1]) erklärt diese Erscheinung dadurch, dass die Oscillationen, welche in den Hauttheilchen sich weiter verbreiten, senkrecht zur cutis-Fläche fortschreiten, wenn sie durch den Druck einer Flüssigkeit erzeugt werden; hingegen transversal, wenn sie von festen Körpern herrühren. Ein fester Körper berührt nur die hervorstehenden Leisten der Hautoberfläche, nicht die dazwischen liegenden Thäler, was aber bei Flüssigkeiten der Fall ist. Meissner sucht aus diesem Unterschiede die Richtung der Oscillationen zu erklären. — Dieser Gegenstand bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Complicirter wird die Empfindung dadurch, dass wir sie mit einer andern vergleichen, und also unser Urtheil einfliessen lassen. Zu dieser Vergleichung benutzen wir entweder dieselbe Stelle, nach einander, oder verschiedene Stellen gleichzeitig. So kann man z. B. zwei ungleich schwere Körper auf dieselbe Hautstelle, z. B. des Handtellers hinter einander auflegen, oder an die entsprechende der andern Hand, und es schätzen, welches das schwerere ist. Die Beobachtung hat nach E. H. Weber gelehrt, dass das erstere Verfahren zu genauern Resultaten führt. Man kann zwei Gewichte, welche sich = 29 : 30 verhalten, noch auf diesem Wege von einander unterscheiden. Jedoch darf das absolute Gewicht weder zu klein, noch zu gross sein. Man kann 29 von 30 Decigrammen, aber nicht 29 von 30 Kilogrammen[2]) unterscheiden.

841. Das eben genannte Verfahren kann nur dadurch zum Ziele führen, dass die Tastempfindung mit dem Aufhören des Eindrucks nicht sogleich schwindet, sondern dass, wie im Auge Nachbilder, so auch Nachempfindungen im Tastsinne bestehen. Valentin hat Versuche angestellt, diese Nachempfindungen näher kennen zu lernen. Wenn man die Finger an den Rand einer Drehscheibe legt, welcher mit stumpfen Zähnen in regelmässigen Abständen besetzt ist, so hat man bei schneller Drehung nicht mehr die Empfindung des Druckes, welcher durch die Vertiefung entsteht, sondern es scheint eine glatte Fläche zu sein. — Dies lässt sich so erklären, dass der Eindruck,

Nachempfindung beim Drucksinn.

1) Meissner in Zeitschrift für rat. Medizin. 3. Reihe. 1859. VII, 92.

2) Vgl. Lotze, Medizin. Psychologie. p. 208. — Meissner, Anatomie und Phys. der Haut. p. 33.

Digitized by Google

welchen ein Zahn in der Haut macht, nicht mehr ausgeglichen werden kann, weil der folgende Eindruck zu rasch folgt, daher die Verschiedenheit einer Vertiefung und Vorwölbung nicht zu Stande kommt.

Anders verhält es sich, wenn wir verschiedene Gewichte hinter einander schätzen. Hier bleibt die Empfindung in der Erinnerung, und wird wieder reproducirt. Es dauert jedoch nur kurze Zeit, dass die Nachempfindung zurückbleibt. Wie wir bei dem Ortssinn hören werden, herrscht eine beträchtliche Verschiedenheit unter den einzelnen Hautstellen, was E. H. Weber [1]) dargethan hat. — Man kann sich leicht dadurch überzeugen, dass man z. B. mit neuen Geldmünzen von gleicher Prägung, etwa Silbergroschen, Versuche macht. Man kann mit Sicherheit unterscheiden, dass der Druck von zwei Silbergroschen, auf die Volarfläche des Zeigefingers gelegt, stärker ist, als von einem, während dies auf der Handfläche, und noch weniger an der Stirnhaut möglich ist. Der kleine Finger steht dem Zeigefinger nach, die Haut an der glabella ist der Stirnhaut in der Nähe des behaarten Theiles vorzuziehen. — Nach Weber verhält sich die Mitte der Finger neun Mal empfindlicher, als die Mitte des Unterarms. Auf der Stirne können Gewichte = 20 : 18,7 unterschieden werden, auf den Fingern = 20 : 19 oder sogar 30 : 29.

Wenn man diese Versuche richtig anstellen will, so muss der Theil ruhig aufliegen, damit das Muskelgefühl nicht zugleich mit in Betracht gezogen wird. Auch müssen die Gewichte von gleicher Temperatur sein, da kalte Metalle schwerer scheinen, als wärmere. — Ferner müssen die Gewichte gleichen Durchmesser haben, damit nicht eine grössere Nervenzahl in dem einen, wie in dem andern Falle betroffen wird. Ein kleines, aber um ein Geringes schwereres Metallstück scheint uns leichter zu sein, als ein grösseres, welches in Wirklichkeit weniger wiegt.

Temperatursinn.

842. Ein eigenthümliches Gefühl zeigt uns an, ob die durch Beobachtung bekannte Körpertemperatur momentan höher oder tiefer geworden ist. Wenn wir zugleich mit dieser Veränderung erfahren, dass ein äusserer Körper dieselbe herbeigeführt hat, so theilen wir diesem den höhern oder niedrigern Temperaturgrad zu. Die Schätzung der Wärme entsteht also dadurch, dass das bekannte Gemeingefühl, und das neu dazugekommene Gefühl mit einander verglichen werden, und aus der Differenz sich ein Urtheil bildet, nach welchem der veranlassende äussere Einfluss kälter oder wärmer als der Körper sein muss. Die Entziehung und die Zuführung von Wärme bringen

---

1) E. H. Weber in Wagner's Handwörterbuch. III b, p. 547.

Digitized by Google

nicht nur überhaupt zwei verschiedene Gefühle hervor, sondern die Grade werden gleichfalls gefühlt. So nehmen nach Weber (p. 554) die meisten Menschen den Unterschied von $^2/_5$ eines Grades mit Sicherheit wahr, und zwar nicht etwa nur bei Temperaturen, welche der Blutwärme nahe sind, sondern auch noch bei + 14° R. —

Nicht alle Körpertheile können gleich leicht die Temperatur schätzen. Die Haut im Gesicht scheint nach Weber die Haut aller andern Theile an Feinheit des Temperatursinns zu übertreffen, vorzüglich Augenlider am äussern und innern Winkel, und Backen; die Lippen, welche einen feinen Ortssinn haben, stehen diesen Theilen nach. Die Zungenspitze gehört auch zu den empfindlichsten Temperaturfühlern. Diese Empfindung ist ferner in der mittlern, beide Seitenhälften schneidenden Ebene des Gesichts, der Brust, des Bauchs, und des Rückens geringer, als an den mehr seitwärts liegenden Theilen; ebenso verhält sich die Nasenspitze gegen die Nasenflügel.

843. Die Temperatur verschieden erwärmten Wassers wird noch bei grosser Aufmerksamkeit erkannt, wenn der Unterschied nur $^1/_5$ oder $^1/_6$ eines Grades R. beträgt. Am Besten gelingt dies, wenn wir dieselbe Hand bald in das wärmere, bald in das kältere Wasser bringen; weniger gut, wenn es bloss mit dem Daumen geschieht, am wenigsten, wenn wir gleichzeitig Daumen und Zeigefinger derselben Hand in die zwei nebeneinander stehenden Gefässe tauchen (E. H. Weber).

844. Die Vergleichung verschieden temperirter Körper unter einander, und deren Abschätzung fällt genauer aus, als wenn wir direct bestimmen sollen. Wenn wir beispielsweise gewöhnt sind, in einem Zimmer uns aufzuhalten, in welchem die Temperatur beständig auf + 15° R. erhalten wird, so schätzen wir doch diese Temperatur nicht unter allen Umständen gleich hoch. Kommen wir aus einem kalten Orte, an welchem unsere Haut eine beträchtliche Entziehung von Wärme erfahren musste, so wird dies eben aufgenommene Gefühl mit dem verglichen, welches wir in dem erwärmten Zimmer nun erhalten. Der Unterschied ist beträchtlich grösser als etwa bei einer Lufttemperatur von + 10° R. — Wenn Weber seine Hand eine Minute lang in Wasser von der Temperatur von + 12½° C., und dann in Wasser von 18° C. tauchte, so hatte er in dem letztern einige Sekunden lang das Gefühl der Wärme, hierauf aber stellt sich allmählich das Gefühl der Kälte ein, das so lange fortdauert, als die Hand eingetaucht wird. — Wenn wir sehr erhitzt sind, und treten in unser Zimmer bei gewohnter Wärme, erscheint uns die Temperatur viel höher; während umgekehrt ein mässig kaltes Zimmer uns kälter vorkommt, als wenn wir selbst abgekühlt sind. Wir urtheilen also auch hier nach der Differenz, welche die Gefühle darbieten.

Digitized by Google

Der Masstab aber, mit dem wir unsere Gefühle messen, ist die Gewohnheit, welche je nach den momentan wechselnden Eindrücken sehr wandelbar und vorübergehend ist. Wenn wir z. B. in einer kalten Luft uns eine Zeit lang aufhalten, so gewöhnen wir uns an diese, und schätzen die Wärme, welche nachher auf unsere Haut einwirkt, im Verhältnisse zu dieser.

Wie bei dem Drucksinn schätzen wir einen Körper wärmer, den wir mit der ganzen Hand betasten, als wenn wir nur einen Finger daran legen, so dass z. B. Wasser von + 29½° R. in jener Weise geprüft, höher temperirt erscheint, als solches von + 32° R., in welches wir einen Finger tauchen.

Dauer und Feinheit der Tastempfindung.

845. c) Modalitäten der Tastempfindung. Durch das Tasten erkennt man nicht nur die beiden wichtigsten Qualitäten, nämlich Druck und Temperatur, sondern es machen sich auch gewisse Verschiedenheiten hinsichtlich der Fortdauer, der Feinheit und Schärfe der Empfindung bemerklich.

In Betreff der Dauer ist schon davon die Rede gewesen, dass die Tastempfindung noch im Gedächtnisse zurückbleibt, auch wenn die Einwirkung bereits geschwunden ist.

Die Feinheit der Tastempfindung bezieht sich auf die Unterscheidung der Objectverschiedenheiten, z. B. die Grade, Härte und Weichheit, von grösserer oder geringerer Stumpfheit u. s. w. Wir legen z. B. dem Blinden grosse Feinheit des Tastsinnes bei, wenn er verschieden gefärbtes Tuch unterscheidet.

Schärfe des Tastsinnes, Ortssinn.

846. Anders verhält es sich mit der Schärfe des Tastsinnes, die man mit dem Namen Ortssinn nach Weber bezeichnet. Er hat diesen Namen erhalten, weil er eine besonders genaue Kenntniss von dem Orte voraussetzt, welcher mit einem zu betastenden Körper zusammenkommt. Je mehr distincte Puncte an einer Taststelle durch die Nerven unterschieden werden können, desto schärfer ist hier der Sinn. Wenn hingegen viele Puncte in der Auffassung zusammenfallen zu einem, so ist die Schärfe gering. [1])

847. E. H. Weber hat ein Mittel angegeben, um die Tastempfindung zu prüfen. Er bringt die abgestumpften Zirkelspitzen in verschiedenem Abstande auf die einzelnen Hautstellen (von Menschen mit verbundenen Augen) und lässt bestimmen, wie gross der Abstand

1) Man vgl. E. H. Weber in Wagner's Handwörterbuch. III b. p. 524. — Ebend. in Bericht der Sächs. Gesellschaft. 1852. p. 85. — Meissner, l. c. — Czermak in Wiener Sitzungsbericht. XV, 425; XVII, 580; und in Moleschott's Beiträge. I, 183. — Fick. ebend. VII, *393. — Wundt in Zeitschrift für rat. Medizin. 1858. IV, 229. — Dohrn in Zeitschrift für rationelle Medizin. 1860. X, 337.

sein muss, wenn die betroffene Hautstelle noch zu empfinden vermag, ob wirklich zwei Eindrücke gemacht sind, oder ob beide Eindrücke zu einem zusammenfallen. Diese Beobachtungen wurden von A. Thomson, Valentin u. A. wiederholt, und bestätigt. Nach einer Zusammenstellung des Mittels der einzelnen Beobachtungen ergibt sich nach Valentin, dass die zwei Spitzen als zwei gesonderte Eindrücke wahrgenommen werden konnten

bei einer Entfernung von		durch
0,48	Par. Linien	Zungenspitze;
0,6	» »	Volarfläche der letzten Phalanx des Zeigefingers;
0,62—0,73	»	desgl. der übrigen Finger;
1,5	Par. »	rothe Oberfläche der Unterlippe;
1,52	» »	rothe Oberfläche der Oberlippe;
1,91	» »	Mitte des Zungenrückens;
2,2	» »	nicht rother Theil der Lippen;
3,25	» »	Endtheil der grossen Zehe;
3,83	» »	Aussenfläche der Augenlider und Volarfläche der Hand;
3,89	» »	Dorsalfläche der zweiten Phalanx des Daumens und Zeigefingers;
3,90	» »	desgl. des Mittelfingers;
3,94	» »	desgl. des kleinen Fingers;
3,97	» »	desgl. des Ringfingers;
4,04	» »	Haut in der Mitte des harten Gaumens;
4,12	» »	Lippenschleimhaut in der Nähe des Zahnfleisches;
4,54	» »	Wangenhaut über dem Buccinator;
4,62	» »	Haut an dem Vordertheile des Jochbeins;
5,1	» »	Vorhaut;
5,28	» »	Haut an dem hintern Theile des Jochbeins;
6	» »	untern Theil der Stirnhaut;
6,96	» »	Handrücken;
8,29	» »	untern Theil der behaarten Haut des Hinterhaupts und Haut des Halses unter dem Unterkiefer;
10,2	» »	Haut an der Kniescheibe;
12,06	» »	Haut an der Brustwarze;
13,29	» »	Haut am Vorderarm;
13,7	» »	Haut am Unterschenkel;
13,85	» »	männliches Glied;
17,08	» »	Haut des Oberarms, mit Ausnahme der Stellen, wo die Muskeln den grössten Umfang haben;
17,63	» »	Haut des Oberschenkels, mit derselben Ausnahme;
24,20	» »	Haut der Mitte der Rückenwirbel.

Digitized by Google

Bei Kindern brauchen die Zirkelspitzen nicht so viel abzustehen, als bei Erwachsenen (Czermak). — Durch narcotica wird der Ortssinn abgestumpft (Lichtenfels)[1]), ebenso bei Anästhesie, während bei Hyperästhesie derselbe verfeinert wird (Brown-Séquard).[2])

Lokalzeichen.

848. Wir haben schon oben auseinandergesetzt, wie in unserer Seele die Vorstellung der Körperfläche sich bildet, nachdem von den verschiedenen empfindenden Stellen der Haut Eindrücke dem sensorium überbracht, nachdem ferner diese Stellen durch die Bewegungen und das Muskelgefühl, sowie auch durch Gesichtsempfindungen näher bekannt geworden sind. Es spiegelt sich also gewissermassen in unserm sensorium das Bild von allen den Puncten der Körperoberfläche, die wir nach und nach kennen gelernt haben. Jeder Punct entspricht einem peripherischen, man nennt nach Lotze einen solchen Lokalzeichen. Der Seele ist nun das Vermögen eigen, alle Wahrnehmungen sogleich in den Raum zu versetzen, es ist dies eine von ihr ganz untrennbare Eigenschaft. Sie versetzt auch die Lokalzeichen an einen bestimmten Raum des Körpers.

Man könnte hypothetisch annehmen, dass jeder discret zu unterscheidende Punct durch eine einzige Nervenfaser in den Centraltheilen repräsentirt wird. Wenn also diese Nervenfaser an ihrem peripherischen Ende sich theilt und verbreitet, so ist es wahrscheinlich, dass doch von dem ganzen Kreise, in welchem sich die eine Nervenfaser verbreitet, nur eine einzige Empfindung wahrgenommen wird, selbst wenn mehre Eindrücke statthaben. Wenn also z. B. an der Volarfläche der Finger zwei nur $^1/_2$‴ von einander entfernte Eindrücke als zwei empfunden werden, so würden nach dieser Theorie im Centrum zwei verschiedene Nerven erregt worden sein. Diese Annahme macht E. H. Weber, welcher je eine Hautabtheilung, welche von je einer Nervenfaser versorgt wird, einen Empfindungskreis nennt. Diese Kreise würden also in der Rückenhaut sehr umfangreich, in der Zunge sehr klein sein. — Weber nimmt ferner an, dass andere Empfindungskreise zwischen den berührten dazwischen liegen, so dass also auch an den Stellen, an welchen der Ortssinn sehr gering ist, dennoch mehr als ein Nerv liegen, und sich ausbreiten kann. — Jedoch ist diese Theorie nicht sehr wahrscheinlich, weil die Nerven in geringerer Anzahl an den Orten mit stumpfem Ortssinn vorhanden sein müssten, als dies wahrscheinlich ist. — Man kann auch annehmen, dass in verschiedenen Nerven die Eindrücke verschiedene Molekularbewegungen erregen, welche differente Em-

1) Lichtenfels in Wiener Sitzungsbericht. XVI, 3.
2) Brown-Séquard in Journal de phys. I, 344.

Digitized by Google

pfindungen veranlassen. Wenn zwei Nerven, in deren Inhalt die Molecularbewegung nur träge stattfindet, von je einem sehr ähnlichen Eindrucke affizirt werden, so wird es viel schwerer sein, diese Eindrücke als zwei zu unterscheiden, als im entgegengesetzten Falle. Hiefür spricht der Umstand, dass durch Aufmerksamkeit der Ortssinn an Schärfe zunimmt, s. u. Ferner macht es nach Czermak einen grossen Unterschied, wenn man die Spitzen nicht gleichzeitig aufsetzt, wodurch die Wahrnehmung beträchtlich verfeinert wird. [1])

3) Bewegungen der tastenden Flächen.

849. Wenn wir einen Theil unsers Körpers über einen Gegenstand hin und her bewegen, so urtheilen wir erstens, dass der bewegende Theil, und der berührte Theil nicht zusammen fallen, und wir versetzen daher den letztern ausserhalb des erstern. Es gehört also zu einer solchen Wahrnehmung erstens unser Muskelgefühl, durch welches wir ein Bild der Richtung erhalten, in welcher sich unsere Muskeln bewegen. Zweitens ist der zum Tasten benutzte Theil nothwendig. Wir können dazu ein Stäbchen, welches zwischen den Zähnen festgehalten wird, gebrauchen, ebenso die Nasenspitze, die Knöchel u. s. w. Wenn wir eine feinfühlende Fläche, wie die der Finger benutzen, so werden ausser der Form auch noch andere Eigenschaften zugleich erkannt. Wie die Form, lernen wir auch die Grösse der Körper durch Vermittlung des Muskelgefühls kennen, welches wir bei dem Tasten anwenden.

4) Psychische Thätigkeit.

850. Wie sehr die Aufmerksamkeit auf die Schärfe des Tastsinnes wirkt, zeigen die Versuche von Czermak, Volkmann [2]) und Fechner. Wurden die Zirkelspitzen häufig hinter einander angesetzt, so ergab sich, dass schon im Verlaufe weniger Stunden die Minimaldistanz zweier Eindrücke, die gesondert wahrgenommen werden konnten, verdoppelt und selbst vervierfacht wurde an der Volarseite der Hand. — Besonders interessant war bei diesen Versuchen von Volkmann und Fechner, dass auch an der andern Hand, welche nicht geübt worden war, gleichfalls eine Verfeinerung eintrat. — Es gewährt dies

Aufmerksamkeit.

---

1) Man vgl. Meissner, l. c. — Lotze, Med. Psychol. Leipzig 1852. p. 392. — Czermak in Wiener Sitzungsber. XV, 425; XVII, 580.

2) Vgl. Volkmann in Verh. der sächs. Gesch. 1858. I, 38.

Digitized by Google

ein Beispiel von Übertragung der Empfindung von einer Gehirnseite zur andern.

Urtheil. Mit jeder Tastempfindung ist ein Urtheil verbunden, durch welches wir das in uns Subjective nach Aussen verlegen, objectiviren, und einen äussern Gegenstand uns vorstellen, welcher Veranlassung zur Tastempfindung gegeben hat. — Auf ganz ähnliche Weise urtheilen wir über Richtung, welche die betasteten Körper gegen die Tastfläche zeigen, über deren Grösse, und Form.

Digitized by Google

Übersicht über die Mittelgrössen der wichtigsten Elementartheile.

Samenfäden.	Kopf	$^1/_{500}'''$
	Schwanz	$^1/_{50}'''$
Ovulum		$^1/_{10}$—$^1/_{20}'''$
	Keimbläschen	$^1/_{50}'''$
	Keimfleck	$^1/_{350}'''$
Milchkügelchen		$^1/_{500}$—$^1/_{800}'''$
Colostrumkörperchen		$^1/_{100}'''$
Pflasterepithel der Mundhöhle		$^1/_{50}$—$^1/_{30}'''$
Speichelkörperchen		$^1/_{200}'''$
Epidermiszellen		$^1/_{100}$—$^1/_{68}'''$
Zellen des Rete Malpighi		$^1/_{300}$—$^1/_{170}'''$
Pflaster-Epithelien der serösen Häute		$^1/_{100}'''$
Cylinderepithel		$^1/_{100}'''$
Flimmerepithel		$^1/_{60}'''$
Blutkörperchen		$^1/_{300}$—$^1/_{400}'''$
Lymphkörperchen		$^1/_{200}'''$ ($^1/_{400}$—$^1/_{180}'''$)
Leberzellen		$^1/_{140}'''$
Labzellen		$^1/_{150}'''$
Bindegewebsfasern		$^1/_{2000}'''$
Elastische Fasern, die gröbern		$^1/_{125}'''$
	die feinern	$^1/_{2000}'''$
Knochenkörperchen		$^1/_{100}$—$^1/_{42}'''$
Haversische Kanäle		$^1/_{250}$—$^1/_{5}'''$
Quergestreifte Muskelfasern		$^1/_{250}$ (Herz) —$^1/_{40}'''$
Glatte Muskelfasern.	Länge	$^1/_{100}$—$^1/_{25}'''$
»	» « am schwang. Uterus	$^1/_{10}$—$^1/_{4}'''$
»	» Breite	$^1/_{500}$—$^1/_{350}'''$
»	» « am schwang. Uterus	$^1/_{250}$—$^1/_{170}'''$
Breite markhaltige Primitivnervenfasern		$^1/_{130}$—$^1/_{400}'''$
Schmale Primitivnervenfasern		$^1/_{250}$—$^1/_{600}'''$
Centrale » »		$^1/_{400}$—$^1/_{1000}'''$

Digitized by Google

Remak'sche Nervenfasern	$^1/_{400}$—$^1/_{700}$‴
Ganglienkugeln	$^1/_{120}$—$^1/_{500}$‴
Pacini'sche Körperchen	$^1/_2$—$^3/_4$‴
Samenkanälchen, Breite	$^1/_8$—$^1/_{15}$‴
Harnkanälchen, gewundene	$^1/_{60}$—$^1/_{40}$‴
» » gerade	$^1/_{60}$—$^1/_{20}$
Infundibula der Lunge	$^1/_4$—$^3/_4$‴
Alveoli	$^1/_6$—$^1/_{15}$‴
Labdrüsen, Länge	$^1/_2$—1‴
Brunner'sche Drüsen	$^1/_{10}$—1$^1/_2$‴
Lieberkühn'sche Drüsen	$^1/_5$—1‴
Solitäre Drüsen	$^1/_6$—1‴
Darmzotten	$^1/_5$—$^1/_2$‴

Gewichtsreductionen.

Reduction des Französischen in Preussisches Gewicht von 1856.

Franz. Gew.				Preuss. Gew. von 1856.					Franz. Gew.							Pr. Gew. von 1856.			
Grammes	Decigr.	Centigr.	Milligr.	Pfund	Loth	Quentch.	Zent	Korn	Myriagr.	Kilogr.	Hectogr.	Decagr.	Grammes	Decigr.	Centigr.	Milligr.	Pfund	Loth	Quentch.	Zent
0,001				—	—	—	—	0,06					2				—	—	1	2
0,002				—	—	—	—	0,12					3				—	—	1	8
0,003				—	—	—	—	0,18					4				—	—	2	4
0,004				—	—	—	—	0,24					5				—	—	3	0
0,005				—	—	—	—	0,30					6				—	—	3	6
0,006				—	—	—	—	0,36					7				—	—	4	2
0,007				—	—	—	—	0,42					8				—	—	4	8
0,008				—	—	—	—	0,48					9				—	—	5	4
0,009				—	—	—	—	0,54					10,000				—	—	6	0
0,010				—	—	—	—	0,60					20				—	1	2	—
0,02				—	—	—	—	1,20					30				—	1	8	—
0,03				—	—	—	—	1,80					40				—	2	4	—
0,04				—	—	—	—	2,40					50				—	3	0	—
0,05				—	—	—	—	3,00					60				—	3	6	—
0,06				—	—	—	—	3,60					70				—	4	2	—
0,07				—	—	—	—	4,20					80				—	4	8	—
0,08				—	—	—	—	4,80					90				—	5	4	—
0,09				—	—	—	—	5,40					100,000				—	6	0	—
0,100				—	—	—	—	6,00					200				—	12	—	—
0,2				—	—	—	1	2,00					300				—	18	—	—
0,3				—	—	—	1	8,00					400				—	24	—	—
0,4				—	—	—	2	4,00					500				—	0	1	—
0,5				—	—	—	3	0,00					600				—	6	1	—
0,6				—	—	—	3	6,00					700				—	12	1	—
0,7				—	—	—	4	2,00					800				—	18	1	—
0,8				—	—	—	4	8,00					900				—	24	1	—
0,9				—	—	—	5	4,0$_0$					1000,000				—	0	2	—
1,000				—	—	—	6	0,0$_0$					10000,000				—	—	20	—

Reduction des neuen Preuss. Gewichts in Franz.

1	Pfund	=	500 Grm.
1	Loth	=	16,666 »
1	Quentchen	=	1,666 »
1	Zent	=	0,166 »
1	Korn	=	0,016 »

Digitized by Google

Gewichtsreductionen.

Reduction des Medizinalgewichts in Französisches Gewicht.

Preussisches Medizinalgew.	Grammen	Preussisches Medizinalgew.		Grammen
Gran 1	0,060	Drachmen	2	7,208
» 2	0,122	»	3	10,962
» 3	0,183	»	4	14,616
» 4	0,244	»	5	18,270
» 5	0,304	»	6	21,920
» 6	0,365	»	7	25,578
» 7	0,426	Unze	1	29,232
» 8	0,488	»	2	58,464
» 9	0,548	»	3	87,696
» 10	0,609	»	4	116,928
» 11	0,670	»	5	146,160
» 12	0,730	»	6	175,392
» 13	0,791	»	7	204,624
» 14	0,852	»	8	233,856
» 15	0,912	»	9	263,088
» 16	0,973	»	10	292,320
» 17	1,034	»	11	321,551
» 18	1,095	Mediz. Pfund od. Unzen	12	350,783
» 19	1,156	»	13	380,015
Scrupel 1	1,218	»	14	409,247
½ Drachme od. Scrupel 1½	1,827	»	15	438,479
» 2	2,437	altes Handelspfd. oder Unzen	16	467,711
Drachme 1	3,654	1 Ctr. altes Handelsgew. à 110 Pfd. altes Gew.		51448,238

Reduction von Millimetern in Pariser Linien.

Millimeter.	Pariser Linien.	Pariser Linien.	Millimeter.
1	0,443	0,01	0,023
2	0,887	0,02	0,045
3	1,330	0,03	0,068
4	1,773	0,04	0,090
5	2,216	0,05	0,113
6	2,660	0,06	0,135
9	3,105	0,07	0,158
7	3,546	0,08	0,180
8	3,990	0,09	0,203

Digitized by Google

Erklärung der Kupfertafeln.

Tafel I.

Fig. 1. Samenfäden vom Menschen.

Fig. 1'. Entwickelung der Samenfäden von Tubifex rivulorum. *a* — *h* die geschlossenen Samenzellen; *i* eine geborstene, aus welcher die Fäden der Spermatozoen herausliegen; noch mehr ist dies bei *k* der Fall; *l* die ausgetretenen Spermatozoen.

Fig. 2. Arterien mit scheinbar stumpfen Enden aus den corpora cavernosa des penis nach Barkow.

Fig. 3. Eichen vom Schweine; *a* zona; *b* vitellus; *c* Keimbläschen; *d* Keimfleck, 120 Mal vergrössert.

Fig. 4. Ein Stückchen uterus einer Schwangern von der innern Fläche aus gesehen, nach E. H. Weber: *a* Höhlung des uterus; *b* glandulae utricales.

Fig. 5. Uterus einer Schwangern, nach Bojanus und R. Wagner: *a* membrana decidua Hunteri; *b* reflexa; *c* serotina.

Fig. 6. Furchung des Dotters von einem Kaninchen aus dem Eileiter. Der Dotter ist in vier Kugeln zerlegt, nach Bischoff (Entwickelungsgeschichte des Kaninchen-Eies. Tab. III. Fig. 22). In der zona erblickt man zahlreiche Samenfäden.

Tafel II.

Fig. 7. Ein fünfwöchentlicher menschlicher Embryo, 2½ Mal vergrössert und gestreckt, von der Seite gesehen. *A* chorion villosum. *B* innere Fläche des chorion. *C* Stelle, wo das Ei am uterus angesessen hat (weder eine m. decidua vera, noch reflexa waren abgegangen). *D* Nabelbläschen an seinem Stiele hängend. *a* Nabelstrang; *b* Ohrbläschen; *c* Auge; *d* Zunge; *e* erste Anlage des Unterkiefers; *f* eine Nasenöffnung; *g* Herz, der dunklere, kleinere Theil ist der Vorhof; *h* Leber, etwas aufgehoben; *i* Lunge; *k* Magen; *l* Darm, geht ununterbrochen in die Nabelblase über, ein Schenkel desselben, *m*, geht aber rückwärts und endigt in der Nähe des Wolff'schen Körpers *n*. Dieser erstreckt sich vom Herzen bis an den Schwanz. *o* Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers. *p q* obere und untere Extremität. *r* Stelle des Übergangs des Darms in den ductus vitello-intestinalis. *s* pancreas.

Tafel III.

Fig. 8. Hühnerembryo von zwölf Tagen. Die allantois *A*, von der Schalenhaut des Eies abgelöst, ist von dem Dottersacke *B*, auf dem sie liegt, hinweggenommen und zur Seite gelegt worden. *C* amnion. *n* Darmschlinge, welche sich mit dem Dottersacke verbindet.

Fig. 9. Hühnerembryo vom Anfange des dritten Tages; *a* area pellucida mit dem Embryo; *b* area vasculosa; *c c* sinus terminalis; *d d* venae; *e e* arteriae omphalo-mesaraicae.

Fig. 10. Hundsembryo, um die allantois *A*, welche abpräparirt ist, nebst dem urachus *c* zu sehen.

Fig. 11. Ein kleines Stückchen placenta, von E. H. Weber. Die kindlichen dünneren, vielfach geschlungenen Gefässe liegen auf den dickeren mütterlichen.

Digitized by Google

Tafel IV.

Fig. 12. Ein Hühnerembryo vom zweiten Tage, vergrössert; *a* chorda dorsalis; *b* Wirbel; *c*, *d*, *e* die drei Gehirnblasen; *f* Augen; *g* Herz; *h* Rückenplatten; *i* Ohrbläschen.

Fig. 12'. Herz eines Hühnerembryo von 24 Stunden, nach Prevost und Lebert.

Fig. 12''. Herz eines Hühnerembryo von 39 Stunden, nach denselben; *a* Herzohr; *b* Ventrikel; *c* bulbus aortae; *d* Arterien; *e* Venen.

Fig. 13. Hühnerembryo vom Anfange des vierten Tages; *a* Vorderhirnblase; *b* Zwischenhirnblase; *c* Mittelhirnblase; *d* Hinterhirn; *e* Nachhirn; *f* Leber; *g* Darm, welcher bei *k* in die Keimblase übergeht; *g'* das untere Ende des Darms, das gleichfalls in die Keimblase übergeht; *h* Wolff'scher Körper; *i* Allantois am urachus, der neben dem Mastdarm am Wolff'schen Körper zum Vorschein kommt. Vor der Leber das Herz *l* mit Kammer und Vorkammer. An dem Auge sieht man sehr deutlich die Spalte. *m* die drei Kiemenstreifen, von denen der erste der grösste. *n* Ohrbläschen.

Fig. 14. Gehirntheile eines Hühnerembryo vom sechsten Tage. *A* der hintere, *B* der vordere Theil; *C* der vordere Theil, nachdem die oberste Schicht der Gehirnmasse weggenommen ist. — *A*, *c* Vierhügel (Zweihügel); *d* kleines Gehirn; *e* verlängertes Mark. — *B*, *a* Hemisphären; *c* Vierhügel; *o* Augen. — *C*, *a* gestreifte Körper; *b* Sehhügel; *c* Vierhügel; *o* Augen.

Tafel V.

Fig. 15. Hühnerembryo vom zweiten Tage, stark vergrössert. *a* Herz, hinten zwei Schenkel, die venae omphalo-mesaraicae, der eine Schenkel *c* ist in seinem stärkeren Theile *c'* Fortsetzung des sinus terminalis, welcher über dem Kopfe des Fötus (vgl. Fig. 9) eintritt; *b* Aortenbulbus, der in zwei Bogen *d*, *e* ausgeht, die sich wieder zur aorta *f* vereinigen. Aus dieser kommen die a. omphalo-mesaraicae *g*, *g*.

Fig. 15'. Herz eines Hühnerembryo von 42 Stunden, nach Prevost und Lebert. Bei *x* canalis auricularis, bei *u* fretum Halleri; *a* Vorhof; *b* Kammer.

Fig. 16. Herz von einem 5½monatlichen menschlichen Embryo. *A* Herzkammer, mit den beiden auriculae atriorum; *a* aorta; *b* arteria pulmonalis; *c* ductus arteriosus Botalli; *d* ramus pulmonalis. *B B* Lungen.

Fig. 17. Herz desselben Embryo. Atrium dextrum, aufgeschnitten. *A* Leber; *B* Ventrikel; *a* vena cava inferior; *b* vena cava superior; *b'* Eintritt derselben in das atrium; *c* ostium atrioventriculare; *d* foramen ovale; *e* valvula Eustachii; *f* tuberculum Loweri.

Fig. 18. Der Mittelkörper eines viermonatlichen menschlichen Embryo.

Fig. 19. Derselbe Theil eines 5½monatlichen menschlichen Embryo. *A* Leber. *B* Magen, welcher in Fig. 18 noch viel senkrechter steht, als in Fig. 19. — Der Dünndarm ist in Fig. 18 auseinander gelegt. Man sieht bei *C* den Anfang des Dickdarms. — *D* Hoden, auf der linken Seite aus seinem Bauchfellüberzuge herauspräparirt, mit Nebenhoden, — auf der rechten Seite in normaler Lage. *a* gubernaculum Hunteri; *b* ductus deferens.

Digitized by Google

Sachregister.

A.

Seite

Aal, Venenherz desselben 295
Aberration, monochromatische oder sphärische 842. 858
» chromatische 859
Absonderung, 421, s. a. Secretion.
Absorptionsgesetz 105
Absteigender Strom 630
Absterben der Nerven 665
Accommodation 842
» Mechanismus derselben . 845
» negative 845
Accommodationslinie 842
Accommodationsphosphen 848
Achromasie 860
Aderfiguren im Auge 881
Addison'sche Krankheit 434
Adhäsion 300
Adipocire 404
Aegagropilae 178
Aequator, bei Nerven und Muskeln 618
Aequivalent, endosmotisches . . . 389
Aesthesodische Substanz d. Rückenmarks 706
Aether 867, s. a. Lichtäther.
After, Entstehung desselben . . . 64
Afterdarm 64
Albumen, des Hühnereies 33
Albumin 123 — im Blute 236. 249, in der Leber 185, der Milch 136, in der Mundflüssigkeit 141, in den Muskeln 534, in den Nieren 480. 489, in den serösen Transsudaten 423

Seite

Albuminnatron 358
Albuminose 174
Albuminpepton 174
Aldehydammoniake 399
Aldehyde 398
Algen, Bewegungserscheinungen bei denselben 524
Alkalien, Wirkung derselben auf die Blutkörperchen 228
auf die Magensecretion . . . 176
als chemische Nervenreize . . 644
Alkohol, Einfluss desselben auf die Kohlensäure-Ausscheidung . . 117
Allantoin 61. 401
Allantois 36. 60
Alter: Einfluss desselben aufs Athmen 95
» auf die Pulsfrequenz . 269
» » » Temperatur . . 474
» » Harnstoffbereitung . 497
Alternative, Volta'ische 688
Altstimme 589
Alula, der Singvögel 764
Alveolen, der Kiefer 420
» der Lungen 85
Alytes, contractile Zellen desselben 524
Amboss. Entstehung desselben . . 46
» Bewegung desselben . . . 929
Ameisensäure, im Gehirn 617, in den Muskeln 534, im Schweisse 518
Ammen 6
Ammoniak, in der atmosphärischen Luft 101

Digitized by Google

Seite

Ammoniak, in der ausgeathmeten Luft 118, — im Dickdarm 219, im Harne 490, — als Reizmittel 551
Ammonshorn, Entstehung desselben 42
Amnion 28. 37
Amphioxus lanceolatus, Blut desselben 226
Ampullen, Nervenendigung in denselben 932
Amygdalin 392
Amylum 127, s. Stärke.
Anaesthesia dolorosa 711
Anelectrotonus 675, absteigender extrapolarer 684
» aufsteigender extrapolarer 682
Anerythropsie 884
Animales Blatt des Embryo . . . 39
» Mitteltheile desselben . 40
» Seitentheile 45
Animales Blatt der Keimhaut . . 34
Anode 675
Anorganische Substanzen, im menschlichen Körper. . 1
» in den Nahrungsmitteln 131
Anorthoskop. 893
Ansatzrohr bei Zungenwerken . . 591
Antagonismus der Bewegungen. . 762
» zwischen n. vagus und n. sympathicus 782
Anthrakometer 111
Antiperistaltische Bewegung . . . 214
Aorta, Entstehung derselben . . 54
» Unterbindung derselben 215. 248. 541
Aortenbögen 54
Aortenbulbus 53
Apposition, Wachsen durch . . . 412
Aquaeductus Sylvii 42. 43
Arachnoidea 421
Arbeit des Herzens. 357
Arcus palatini 157
Area pellucida 34, vasculosa 34, vitellina 34
Arteria carotis, Blutdruck in derselben 350
» Geschwindigkeit des Blutes in derselben 354
» Folgen der Unterbindung derselben für's Gehirn . 800

Seite

Arteria metatarsea, Blutdruck 351, Geschwindigkeit des Bluts in derselben 354
Arteriae coronariae cordis . . . 267
» helicinae 17, hepaticae . 198
» lienales 428, renales . . 485
» omphalo-mesaraicae . . 35. 54
» umbilicales 36, vertebrales 800
Arterien, Blut in denselben . . . 250
» Circulationserscheinungen an denselben 283
» Elasticität derselben . . 285
» Entstehung derselben . . 54
Aspiration des Herzens 339
Aspirator 107
Assimilation 371
Athembewegungen, ihr Verhalten zum Nervensystem. . . . 771
» abhängig vom N. vagus 772. 815
» Ursachen derselben. . . . 774
Athembewegungen, als Reizbewegungen 775
» als Reflexbewegungen. . . 774
Athemgeräusch 121
Athemmuskeln 74. 95
Athmen 70
» allgemeine Verhältnisse desselben 70
» Arten desselben 98
» chemische Processe bei demselben 99
» Einfluss desselben auf die Blutcirculation 122
» auf die Körperwärme . . 478
» auf den Puls 273
» Einfluss des Nervensystems auf dasselbe . . 92. 96. 771
» erstes, des Kindes nach der Geburt . . . 66. 93. 775
» Frequenz und Intensität desselben 94
» als Factor der Ernährung 364
» Mechanik desselben . . . 71
» während der Schwangerschaft 25
» Wirkung des Bauchinhalts auf dasselbe 81
» Wirkungen desselben . . 99
» Zweck desselben. 122
Athmungsdruck 91

Digitized by Google

	Seite
Athmungsgrösse	87
Atmosphäre	99
Atrioventricularklappen	264
Atropin, Wirkung auf die Iris	850
Aufmerksamkeit beim Sehen	880
Aufrechtsehen	902
Aufsteigender Strom	630
Auge, schematisches	863
Augen, Bewegungen derselben	897
» Drehpunkt derselben	898
» Entstehung derselben	44
» erregungsfähiger Apparat derselben	871
» Fluorescenz derselben	871
» brechende Medien ders.	835
» Maasse und Dimensionen derselben	867
» Verlauf der Lichtstrahlen in denselben	860
Augenaxen	899
Augenblasen	44
Augenlider	45. 897
Augenmuskeln	897
» Mitbewegung derselben	761
Augenspiegel	834
Augenwimpern	45. 897
aura seminalis	9. 15
Ausdünstung der Haut	512
Ausleerungen	479
Automatische Bewegung	823
Avenin	124
Axencylinder 599, chemisches Verhalten	616

B.

	Seite
Baldriansäure	125
Balgdrüsen	154
Bandwürmer	7
Baryton	589
Bass	589
Bauch, Bewegungen desselben beim Athmen	76. 81
Bauchathmen	81
Bauchmuskeln	81
Bauchplatten	45
Bauchpresse	91. 220
Bauhin'sche Klappe	223
Befruchtung	23
Begattung	22

	Seite
Beleuchtung, Gränzen derselben zur Gesichtswahrnehmung	879
Bell's Gesetz	623
Benzoësäure, Uebergang in Hippursäure	399
Beugungswellen	925
Bewegung, s. auch Muskelbewegung und Körperbewegung.	
» abhängig von den verschiedenen Nerven an den einzelnen Körperstellen	831
» abhängig vom Blute 541, vom Gangliennervensystem	823
» Allgemeine Verhältnisse und Arten derselben	521
» antagonistische	762
» automatische	823
» elementare 521.	524
» idiomuskuläre	558
» instinctartige	735
» peristaltische und antiperistaltische	214
» unwillkürliche	766
» willkürliche	736
» Dreh-	755
» Flimmer-	521
» Mit-	761
» Molecular-	524
» Reflex-	718
» Reitbahn-	754
» Reiz-	765
» Wälz-	755
» Zwangs-	752
» der Algensporen	524
» des Athmungsapparats	771
Bewegung des Auges	897
» des Darmes 213.	779
» der Gefässe	286
» des Gehirns	801
» der Geschlechtstheile 14.	786
» der Harnblase 506.	786
» des Herzens 255.	777
» der Iris	776
» des Kehlkopfs 82. 160.	581
» der Luftröhre und der Lungen	83
» des Magens 177.	779
» des Mastdarms 221.	786
» der Muskeln 525.	717
» des Ohrs 929.	937

Digitized by Google

	Seite
Bewegung der Sarkode	524
» der Spermatozoën	524
» der Stimmbänder	578
Bewegung, Einfluss derselben auf die Kohlensäure-Ausscheidung	115
Bewegungsnerven	621, 831
Bewegungswurzeln	623
Bienen, Fortpflanzung derselben	5
Bildungsdotter	33
Bilin	188
Biliverdin	191
Bindegewebe	438
» Bau und Entwicklung desselb.	438
« Function	440
Bindegewebskörperchen	440
Bissen	157
Blase 506, s. Harnblase.	
Blasenwürmer	7
Blätter, des Embryo	34, 39
Blattläuse, Fortpflanzung ders.	5
Blei, in der Leber	186
Blinddarm 60, 120, s. a. Coecum.	
Blinder Fleck des Gesichtsfeldes	875
Blut	225
» Beschaffenheit desselben bei Schwangern	26
» Bestandtheile desselben	226, 249
» Circulation desselben	253
» Einfluss desselben auf die Harnabsonderung 485, — die Nervenerregbarkeit	687
» Eisen in demselben	231
» Entstehung desselben beim Embryo	56
» Farbe desselben	245
Blut, Functionen desselben	247
» Gerinnung desselben	226, 233, 242
» Geruch desselben	247
» Spezifisches Gewicht	247
» der Lebervenen	250
» als Nervenreiz	648
» der Pfortader	250
» als Reiz für die Herzbewegung	777
» Unterschied des arteriellen und venösen	250
» Unterschied vom Chylus	359
» Verhalten desselben zur Gallensecretion	198
» Verbreitung von Wärme durch dasselbe	475
Blut, Wärme desselben	247
Blutasche	136
Blutbewegung, Ursache derselben	296
» Effecte derselben	346
Blutcirculation	253
» bewegende Kräfte bei derselben	314
» Apparat zur Veranschaulichung derselben	315
» beim Embryo	35, 36
» Einfluss derselben auf die Resorption	396
» im Gehirn	800
» Erscheinung derselben im eigenen Auge	882
» Geschwindigkeit ders.	352
» abhängig vom Nervensystem 789, s. a. Kreislauf und Blutbewegung.	
Blutdruck	346
» Einfluss desselben auf die Harnabsonderung 485, die Harnentleerung	506
Blutentziehung	247
Blutfarbstoff	229
» Uebergang desselben in Pigment	435
» Verhältniss desselben zum Gallenfarbstoff	435
» als Ozonträger	520
Blutfibrin	233
Blutgase 238, — Apparat zur Bestimmung derselben	239
Blutgefässe, s. Gefässe.	
Blutgefässdrüsen	426
Blutkörperchen, rothe	226
» Entstehung ders. 57, 431,	434
» Bestandtheile derselben	249
» ihre Menge	252
» Function derselben	247
» Theilung derselben beim Embryo	57
» Untergang derselben	435
» Wiederersatz derselben	248
» als Wärmeträger	469
Blutkörperchen, farblose s. a. Lymphkörperchen.	232
Blutkörperchenhaltige Zellen	430
Blutkrystalle	229

Digitized by Google

Seite

Blutmangel, Einfluss desselben aufs Athmen 96
» auf die Muskelbewegung 541
Blutmenge, Einfluss derselben auf die Körpertemperatur . 476
» der Milz 428
Blutserum 236
Blutzufuhr, Einfluss derselben auf die Darmbewegung 224, auf den Herzschlag 274. 322, auf die Muskelbewegung 541, auf die Nervenaction 625
Bohnen, Bestandtheile derselben . 132
Bolus 157
Brandpilze, Generationswechsel bei denselben 9
Brechung, der Lichtstrahlen im Auge 838
» der Augenmedien . . . 856
Brechungsexponent 855
Brechungswinkel 855. 856
Brennpunkte 861
» conjugirte 839
Brennpunktebene 862, s. a. Focalebene.
Brücke'scher Muskel 846
Brüste, Entstehung derselben . . 65
Brunnenwasser 131
Brunner'sche Drüsen 208
Brunst 20
Brustathmen 81
Brststimme 592
Buchweizen 137
Butalanin 400
Butter, der Frauenmilch 67
Buttersäure 125. 126
» Bildung derselben 129. 205, in den Muskeln 534, im Schweisse 517

C.

Callus 379
Campanularia geniculata 5
Camera obscura 833
Canaliculi calciphori 444
» Haversiani 444
Canales: auriculares 53
» semicircularis, Folgen der Verletzung derselben. . . 758
» Schallleitung in denselben 931

Seite

Canalis vaginalis 68
Capillargefässe, Structur derselben 290
» Circulationserscheinungen an denselben 290
» Geschwindigkeit des Bluts in denselben 355
Caprinsäure 126
Capronsäure 126
Caprylsäure 126
Capselpupillarmembran 45
Capselpupillarsack 45
Caput gallinaginis 15
Cardinalpunkte, optische 861
Cardinalvenen 55
Carina 38
Cartilagines arytaenoidei, Entstehung derselben. 47
Casein 124, im Blute 236, in der Milch 67. 135
Castraten, weibliche 21
Cauda equina, Entstehung ders. . 43
Cavernöse Körper des penis. . . 13
Cellulose, als Nahrungsmittel . . 130
Centra der Irisbewegung 771
Centralkanal, des Rückenmarks . 612
Centralnervensystem, Einfluss desselben auf die Darmbewegung 785
» auf die Bewegung der Harnblase, des Mastdarms und der Geschlechtstheile 788, auf die normale Nervenfunction . . 626
» Functionen desselben . 737
» Kreuzung der Fasern in demselben 750
» s. a. unter: Gehirn, Rückenmark, verlängertes Mark.
Centrifugale und centripetale Leitung 622
Centrum cilio-spinale superius et inferius 767. 768
» genito-spinale 510. 787
Cephalot 617
Cercarien 6
Cerebrinsäure im Blute 236, im Gehirn 616
Cerebrol 617
Cerebrospinalflüssigkeit . . . 424. 801

Digitized by Google

Seite

Cerebrot 617
Cestoden 7
Chalazen 33
Charazeen, Samenfäden derselben 13
Chemische Strahlen 870
Chemische Umwandlungen im Organismus 397
Chemische Verwandtschaft, Einfluss derselben auf die Absorption der Blutgase 105
Chininum sulphuricum, Fluorescenz desselben 870
Chloralkalien im Gehirn 617
Chlorammonium im Schweisse . . 517
Chlorcalcium, im Magensafte . . . 172
Chlorgehalt des Blutes 250, der faeces 218, der Leber 186, der Milz 186
Chlorkalium im Blute 237, im Magensaft 172, in der Mundflüssigkeit 141, im Schweisse 517
Chlornatrium im Blute 237, in der Galle 190. 191, im Harn 490. 502, in der Leber 185, in der Lymphe 358, im Magensaft 172, in der Mundflüssigkeit 141, in den Nahrungsmitteln 131, im Pankreassaft 204, im Schweisse 517, in der Thränenflüssigkeit 837
Chlornatrium, Einfluss desselben auf die Magensecretion . . 176
» als chemischer Nervenreiz 645
Chlorwasserstoffsäure, im Magensaft 170. 172
Cholalsäure 189. 218
Choleinsäure 188
Choleinsaures Natron 189
Cholepyrrhin 190
Cholesterin 188. 191
» im Blute 191. 236, im Gehirn 191. 616, im Hühnereidotter . . . 191
Choloidinsäure 190. 218
Cholsäure 189
Cholsaures Natron 188
Chondrin 441. 562
Chorda dorsalis 40
Chorda tympani 150. 810

Seite

Chorioidea:
» Entstehung derselben . 44
» Pigment derselben . . . 866
Chorion 28, 32, laeve 32, villosum 32
Chromatische Aberration 859
Chylus 226. 357
» Unterschied vom Blute . . . 359
» » vom Magen- und Darmgehalt . . . 358
» Ursachen der Fortbewegung desselben 359
Chylusgefässe, ihr Verhalten in den Darmzotten 211
Chyluskörperchen 357
Chymus 162
Cicatricula 33
Ciliarnerven 767
Circulation, des Blutes 253, s. Blutcirculation.
Cirrhosis hepatis 183
Clitoris, Entstehung derselben . . 64
Cobitis fossilis 119. 526
Coecum, Entstehung desselben . . 60
» Verdauungserscheinungen in demselben 229
Cohäsion 300
» der Muskeln 539
Coitus 22
Colon 217, s. Dickdarm.
Colostrum 67, Colostrumkörperchen 67. 437
Combinationstöne 935
Commissuren des Gehirns, Entstehung derselben 41
Complementäre Farben 888
Conaesthesia 943
Conglobirte Drüsen 426
Coni vasculosi, Entstehung . . . 63
Consonanten 594, continuae . . . 594
» explosivae 594
Constante Ströme, Wirkung derselben auf die Muskelerregbarkeit 549, — auf die Nerven 627
Contractilität, Definition und Bedingungen derselben . . 525
» der Arterien 286
» der Venen 294
Contrastfarben 896
Convulsionen 554
Corium, Entstehung desselben . 39. 51

Digitized by Google

Seite

Cornea 835, s. Hornhaut.
Corneal-tubes 836
Corpora cavernosa 13. 17
» mammillaria, Entstehung derselben 41
» olivaria 43
» pyramidalia 43
» restiformia 43
Corpus callosum, Entstehung desselben 41
» luteum 24
Corpus striatum, Entstehung desselben 41
» Functionen 739. 752
» Verhalten zum Gefühl . . 701
Corti'sches Organ 934
Cotyledones 32
Cowper'sche Drüsen 15
Crassamentum sanguinis 226, s. Placenta sanguinis.
Crista acustica 933
Cruor sanguinis 226
Crustaceën, Samen derselben . . 12
Cumulus proligerus 18
Curare 392, Wirkung desselben auf Muskeln und Nerven 548
Cyanverwandte Verbindungen, Bildung derselben aus Proteinstoffen 401
Cylinderepithel 414
Cysticercus fasciolaris 7
Cystici (Blasenwürmer), Umwandlung derselben in Bandwürmer 7
Cystin 480
Cytoblastem 410

D.

Daedaleum 893
Daltonismus 884
Damalursäure 489
Damolsäure 489
Darmathmung 70
Darmgase 206, Einfluss derselben aufs Athmen 81
» Entstehung derselben 163. 207
» als Erreger der Darmbewegung 780
Darmkanal, Ausstülpungen desselben 59

Seite

Darmkanal, Bewegungen desselben abhängig vom Nervensystem 779
» Entstehung dess. 39. 40. 57
» Function desselben . . . 206
Darmnabel 57
Darmrinne 57
Darmsaft 208
» Wirkung desselben auf Proteinsubstanzen 174
Decidua Hunteri s. vera 29
» reflexa 29
» serotina 29
Degeneration, fettige 437
» der Epithelien 424
» der Graaf'schen Follikel 438
» fremder, in die Bauchhöhle gebrachter Körper 438
» der Muskeln 437
» der Nerven 381
» der Thymus 438
Dehnbarkeit der Muskeln 539
Descemet'sche Haut 835
Descensus testiculorum 62
Dextrin 128
» Bildung desselben aus Cellulose 130
» reducirt Kupferoxyd . . 144
Diabetes, künstlicher 201. 733
Diabetesstich 201. 202
Diastase 128
Diastole arteriarum 285
» cordis 256
Dickdarm 217
» Einfluss desselben auf die Respiration 81
» Entstehung desselben . . 58
» Gase in demselben 219
Diffusion 102. 388
Digestio 123, s. Verdauung.
Diphthonge 594
Diplopia monophthalmica 851
Dipolare electromotorische Moleküle im Muskel 462, im Nerven . 619
Discs 530
Discus proligerus 18
Disdiaklasten 531
Distomen 6
Doppeltbilder 912
Doppeltsehen, mit einem Auge . . 851

Digitized by Google

	Seite
Doppeltsehen mit beiden Augen	908
Dotter 19, Furchung desselben	32
Dottergang	35
Dotterhaut	33
Dottersack	35
Druck 297, Einfluss desselben auf die Resorption	395
» Erscheinungen desselben bei Flüssigkeiten	301
Druckbilder	889
Druckdifferenz, als Ursache der Blutbewegung	319
Druckmesser 303, — sind Widerstandsmesser	305
Drucksinn	944. 946
Drüsen, Arten derselben	424
» Entstehung derselben	40
» Ernährung derselben	426
Drüsen mit Ausführungsgang	424
Drüsen ohne Ausführungsgang	426
Drüsenepithel	425
Drüsenzellen	424
Ductus arteriosus Botalli	55
» Cuvieri	55
» thoracicus	358
» venosus Arantii	56
» vitello-intestinalis	35
Dünndarm	206
» Bewegung desselben	213
» Entstehung desselben	58
» Inhalt	206
» Zotten in demselben	209
Durst	697
Dyslysin	190. 218

E.

	Seite
Echinorrhynchus	8
Ei, des Huhnes	33
Ei, weibliches	18
» Eindringen der Samenkörperchen in dasselbe	22
» Entwicklung desselben	20
Eierstock, Entstehung	62
» Exstirpation desselben	22
Einfachsehen mit beiden Augen	908. 913
Einfallswinkel	840. 855
Eingeweidewürmer, Generationswechsel derselben	6
Eisen, im Blute	231
» in den Faeces	218
» im Harne	490. 502
» in den Nahrungsmitteln	131
Eisenchlorid, als Muskel- und Nervenreiz	551
Eisenoxyd in der Galle	190. 191
» im Magensaft	172
» in der Milch	136
» in der Milz und Leber	186
» in der Mundflüssigkeit	141
» im Pankreassaft	204
» im Schweisse	517
Eiweissschicht, bei Säugethiereieru	32
Eiweissstoff 123, s. Albumin.	
Elain im Gehirn	616
Elasticität — der Arterien	285. 335
» der Lungen	72. 85. 90
» der Muskeln	539
Elastisches Gewebe	285
» Beziehungen desselben zum Bindegewebe	442
» Ernährung desselben	443
Electricität	449
» Einfluss derselben auf die Ernährung	372
» als Ernährungserscheinung	449
» als Nervenagens	620
» als Nervenreiz	627
» Physikalische Vorbemerkungen über dieselbe	449
Electrisches Organ der Fische, Nervenendigungen in dems.	609
Electrische Ströme, Abhängigkeit der Zuckungen von der Richtung derselben	631
» von der Stärke derselben	632
» absteigende	631
» aufsteigende	630
» constante, Wirkung derselben auf die Erregbarkeit	669
» in der Haut	464
» in den Muskeln	459. 536
» in den Nerven	464. 618
» in organischen Körpern überhaupt	620
Electroden, wirksame Anlegung derselben	630

Digitized by Google

	Seite
Electrolyse	453
Electromotorische Kraft	449
Electrotonus	638
» Verhalten der Erregbarkeit während desselben	673
Elementarbewegungen	524
Elementarbestandtheile, des menschlichen Körpers	1
Elementarkörnchen des Blutes	233
Elementartheile, Uebersicht über Grössenverhältnisse	955
Embryo, erste Bildung desselben	38
» Grösse desselben zu verschiedenen Zeiten	39
Embryonalfleck	38
Emmert'sches Ohrbläschen	45
Empfindlichkeit, einzelner Körpertheile	710
» verschiedener Nerven	709
» Steigerung derselben in krankhaften Zuständen	710
Empfindung, ihre Beziehung zum Grosshirn	737
Empfindungskreis	952
Empfindungsnerven	621. 832
Emulsin	392
Endochorion	60
Endkolben	609. 946
Endosmose	388
Endschlingen, der Nerven	545. 609
Entoptische Erscheinungen	880
Entwickelung	3
Epidermis, ihre Entstehung	52
» anatomisches Verhalten	413
» Dicke derselben	415
» Ernährungsverhältnisse derselben	414
» als Abscheidungsproduct	512
s. a. das folgende:	
Epidermoidalgebilde, Entstehung derselben	45
» ihre Ernährung	413
» Morphologische und physiologische Charaktere derselben	413
Epiglottis 47. 161, s. Kehldeckel.	
Epithelialzellen der Dünndarmzotten	209
» in der Mundflüssigkeit	141
Epithelium	414
Epithelium der Gefässe	299
» der Schleimhäute	414
» der serösen Häute	423
» Ernährung desselben	415
» Fettmetamorphose desselben	424
Erbrechen	178
» Zusammenhang mit der Respiration	97. 99
» während der Schwangerschaft	25
Erbsen, Bestandtheile derselben	132
Erection	15
Erfrieren	479
Ermüdung, der Nerven	624
Ernährung, Definition und Uebersicht	69. 360
» Erfordernisse derselben	367
» Erscheinungen derselben	387
» des Bindegewebes	443
» der Blutkörperchen	434
» des elastischen Gewebes	443
» der Epidermis	413
» der Epithelien	414
» des Fettgewebes	435
» der Haare	417
» der Knochen	443
» der Knorpel	443
» der Linse	418
» der Muskeln	446
» der Nägel	616
» der Sekretionsorgane	421
» der Zähne	419
Erregbarkeit	595
» abhängig von der Erregung	626
» Aenderung der Zuckungserscheinungen mit derselben	633
» Aenderung derselben mit dem Absterben der Nerven	665
» Bedingungen derselben	597
» Einfluss derselben auf die Erregungsintensität	664
» Modalitäten derselben	648
» Verschiedenheit derselben an verschiedenen Stellen eines Nerven	666

Digitized by Google

Seite

Erregbarkeit, Wirkung des constanten Stroms auf dieselbe 669
» Wirkung verschiedener anderer Reize auf dieselbe 686
Erregung, ihre Beziehung zur normalen Function der Nerven 626
» Fortleitung derselben im Nerven 650
» Intensität derselben . . 660
» Nachwirkungen derselben 655
» auf der retina 892
Erythrosin 400
Essigsäure im Gehirn 617
» in den Muskeln 534
» im Schweisse 517
Essigsaures Bleioxyd, als Reizmittel 551
Eudiometrie 100
Eustachi'sche Trompete, Entstehung derselben 47
» Function derselben . . . 930
Excentrische Erscheinung 713
Excremente 217, s. a. Faeces.
Excretin 219
Excretion 479, des Harns 480
Exspiration 74. 81
» Dauer desselben . . . 77. 91
» Pause zwischen derselben und der Inspiration . . 91
Exspirationscentrum 772
Exspirationsmuskeln 74
Exspirator 110
Extractivstoffe, im Blute 249
» in der Cerebrospinalflüssigkeit 424
» im Harne 490
» in der Leber 185
» in der Lymphe 358
» in der Milch 67
Extrapolare Strecke 631
Extremitäten, Entstehung derselben 40. 45. 52

F.

Faecalgeruch 208
Faeces 217, Entleerung derselben 220
» Wärmeverlust durch dieselben 476

Seite

Falsetstimme 592
Färberröthe, zur Röthung der Knochen gefüttert 445
Farben, Arten und Empfindung derselben 884
Complementäre 888, Contrast- 895, Inducirte 897, Interferenz- 885, Pigment- 885, Prismatische 885, Physikalische Grundlage derselben 869
Farbenkreisel 893
Farbenzerstreuung 858
Farbige Schatten 897
Farbstoffe der Blutkörperchen . . 229
» des Blutserums 237
» der Galle . . 188. 190. 218
» des Harns 490
» Resorption derselben . . 394
Faserknorpel 442
Faserstoff 124, s. Fibrin und Syntonin.
Faserzellen 531
Fenestra ovalis et rotunda . . 930
Fernpunct 850
Fett 126. 435
» Aufnahme desselben in die Fettzellen 436
» Ausscheidung desselben durch die Milchdrüsen 436
» als Nahrungsmittel 126
» Resorption desselben in den Darmzotten 210. 392
» Verminderung desselben nach Absperrung der Galleuzufuhr 193
» Bildung desselben aus Proteinsubstanzen 403
» im Blute 236
» in der Galle 188. 190
» in der Leber 185. 436
» in der Lymphe 358
» in den Muskeln 535
» in der Nervensubstanz . . . 616
» in den Nierenzellen 488
» im Schweisse 517. 518
» in der Thränenflüssigkeit . . 837
Fettbildung 402
Fettige Degeneration 437, s. Degeneration.
Fettleber 436
Fettsäuren 126

Digitized by Google

Seite

Fettsäuren des Blutes . . . 236. 249
» Bildung derselben aus Proteinsubstanzen 398
Fibrillen 530
Fibrin 124
» des Blutes 233. 249
» der Lymphe 235. 358
» der Muskeln 235, s. Syntonin.
Fibrinogene Substanz 235
Fleisch, Bestandtheile desselben 131. 132
» als Nahrungsmittel . . . 134
Fleischflüssigkeit 533, s. a. Muskelsaft.
Fleischzucker 534
Flexura iliaca 221. 222
Flimmerbewegung 521
» in der Luftrohre und den Bronchien 84
» im Nebenhoden . . . 14
» im obern Theile des Pharynx 160
» in Amphibien- und Fischnieren 483
» im Wolff'schen Körper. 62
Flimmerepithel 415. 521
Flüssigkeiten, allgemeine Bewegungsgesetze derselben . . . 296
Fluorcalcium in den Knochen 444. 562
» in den Nahrungsmitteln 131
» in den Zähnen 420
Fluorescenz der Augenmedien . . 871
» des schwefelsauren Chinins 870
Focalebene 862
Foetalkreislauf 56
Foetus 38, s. Embryo.
Follikel, solitäre 220
Folliculi Graafiani 18
Foramen ovale, in der Scheidewand der Vorhöfe, Bedeutung desselben 56
» Winslowii, Entstehung . . 59
Formbildung, im Organismus . . 405
Fornix, Entstehung desselben . . 41
Fovea centralis retinae 874
Fretum Halleri 53
Funiculus umbilicalis 38. 66
Furchung des Dotters 32

G.

Seite

Gähnen 97. 98
Gährung, Unterdrückung derselben durch die Galle 193
» des Harns 504
Gärtner'sche Kanäle 64
Galle 187
» antiseptische Wirkung ders. 188
» ihr Einfluss auf die Lösung der Salze. 188
» chemische Bestandtheile derselben 188. 190
» Function derselben 191
» ihre Wirkung auf Blutkörperchen 228
» ihre Wirkung auf Proteinsubstanzen 188
» Sekretion derselben 197
» als Nervenreiz 645
Gallenasparagin 190
Gallenfarbstoff 188. 190. 218
» Verhältniss desselben zum Blutfarbstoff. 435
Gallenfett 188
Gallenfisteln 187
Gallenkanäle. 184
Gallensäuren. 188. 218
» Uebergang derselben in den Harn 504
Gallenschleim 188
Gallenstoff. 188
Galvani'sche Ströme im Organismus 449, s. a. elektrische Ströme.
Galvanotherapie 672
Ganglien, Bedeutung derselben für die Regeneration der Nerven 381
Gangliennervensystem, Selbstständigkeit desselben . . . 823
» als Quelle von Bewegungen 823
» als Centrum für Ernährung und Absonderung . 827
» Reflexe in demselben . 827
Ganglienzellen 605
» Verhalten zu den Nerven 610
» apolare, unipolare, bipolare 610
» multipolare 611

Digitized by Google

Seite

Ganglienzellen als Vermittler der Reflexerscheinungen 719
Ganglion ciliare 766
» coeliacum und mesaraicum 176. 782
» Gasseri 805
» thoracicum supremum . . 829
Gase, athembare und nicht athembare 119
» des Blutes 238
» im Dickdarm 219
» im Dünndarm 206
» im Magen 163
» in der Milch 136
Gasterosteus trachurus, Entozoën desselben 7
Gastrase 169
Gaumen, weicher, Functionen desselben 157
» Bewegungen desselben beim Sprechen . . 593. 594
Gebärmutter 26, s. Uterus.
Geburt 65
Gedächtniss 624
Gefässblatt, des Embryo 39
» Entwicklung desselben . 52
» der Keimhaut 34
Gefässe, Entstehung derselben. 39. 40
» als Leitungskanäle für die thierische Wärme . . 475
» Muskulatur derselben . . 341
» Neubildung derselben . . 382
» plasmatische 443
» des Magens 174
Gefässnerven 475
Gefühl 692
» Bedingungen desselben . . . 709
» Einfluss desselben auf's Athmen 776
» Lokalisirung desselben . . . 712
» der Lust und Unlust 692
» Organe desselben 699
» Täuschungen durch dasselbe 715
Gefühlsbild 713
Gefühlsirradiation 716
Gefühlsnerven 621
» als Wärmeregulatoren . 478
» Zusammenstellung ders. 829
Gefühlswahrnehmungen 692

Seite

Gefühlswahrnehmungen, Verlegung derselben an die Peripherie . 713
Gefühlswurzeln 623
Gehen 570
Gehirn, Gewicht desselben 377
» Bewegungen desselben . . . 801
Gehirn, grosses, Athembewegungen beim Druck auf dasselbe 97. 776
» Abtragung der Hemisphären desselben 739
» Blutcirculation in demselben 800
» Beziehungen desselben zum Gefühl 701
» Einfluss desselben auf die Herzbewegung 778
» auf die willkürlichen Bewegungen 737
» Entstehung 41
» Functionen 796
Gehirn, kleines 801
» Beziehung zu den willkürlichen Bewegungen 746
» zu den Bewegungen des Darmkanals 785
» der Harn- und Geschlechtsorgane 14. 788
» Entstehung desselben . . . 41
Gehirnblasen 40. 41. 43
Gehirnnerven 802
Gehör, Feinheit und Schärfe desselben 936
Gehörgang, äusserer, Schallleitung in demselben 923
Gehörknöchelchen, Function ders. 929
Gehörorgan, Bewegungsvorgänge an demselben . 922. 929. 937
» Empfindungsvorgänge in demselben 931
» Entstehung desselben 45. 47
» Nachempfindungen in demselben 937
» Schallleitender Apparat desselben 921
Gehörsinn, Psychische Thätigkeit desselben 937
Gekröse, Entstehung desselben . . 58
Gelatinöse Nervenfasern 602
Gelber Fleck 45. 872. 874
Gelber Körper, des Eierstocks . . 24
Gelbsucht 194

	Seite
Gemeingefühl	943
Gemüthsaffecte, Einfluss derselben aufs Athmen	96
Generatio aequalis s. homogenea	3
» spontanea, s. aequivoca s. heterogenea 3 — der Zellen	412
Generationswechsel	5
Geräusch	934
Gerinnung, des Blutes 226. 233.	242
Gerste, Bestandtheile derselben	132
Geruch, Nachempfindungen bei demselben	940
» Psychische Action bei demselben	940
Geruchsbläschen	44
Geruchsempfindungen, subjective	940
Geruchsorgan, Entstehung desselben 44. 46.	47
» Function desselben	937
Geruchsschleimhaut, Bau ders.	938
Geschlecht, Einfluss desselben auf die Kohlensäure-Ausscheidung	114
» auf die Harnabsonderung	504
» auf die Pulsfrequenz	270
» auf die Körpertemperatur	474
Geschlechter, Körpergrösse, beider	376
Geschlechtsorgane, Bewegungen derselben 14.	786
» Entstehung ders. 39. 62.	64
Geschmack	940
Geschmacksempfindung:	
» Einfluss der Seelenthätigkeit auf dieselbe	943
» subjective	943
» durch Electricität	941
Geschmacksnerven	941
Geschmacksorgan, Entstehung desselben 46.	47
Gesichtsathmen	82
Gesichtsempfindung	867
Gesichtskreis	901
Gesichtslinie	874
Gesichtsmuskeln, Bewegungen derselben beim Athmen	82
Gesichtsobjecte, Aufrechtsehen derselben	902
» Schätzung ihrer Bewegung und Entfernung 903.	904
Gesichtsobjecte, Schätzung ihrer Grösse	907
» ihrer Tiefendimension	916
Gesichtssinn	832
» optische Einrichtung desselben	833
» Qualitäten der Empfindung desselben	883
Gesichtswinkel 907, s. a. Auge und Sehen.	
Gewichtsreductionstabellen	957
Gewohnheit	624
Gifte, Resorptionsverhältnisse derselben	392
Glandulae Brunnerianae	208
» buccales 139.	153
» conglobatae	426
» labiales 139.	153
» lacrymales	837
» Lieberkuehnianae	208
» linguales 139.	153
» Meibomii	837
» mucosae	153
» palatinae 139.	153
» Parotis	151
» Peyerianae	432
» pinealis	42
» pituitaria	425
» racemosae	424
» salivales	152
» solitariae	432
» sublingualis	152
» submaxillaris	152
» suprarenales	433
» Thymus	433
» Thyreoidea	433
» tubulosae	424
» utriculares	26
Glashäute	423
Glaskörper, Bau	838
Gleichgewicht, zwischen Zufuhr und Ernährung	383
Globulin 229, in der Augenlinse	837
» in den Blutkörperchen	249
Glockenpolyp	5
Glomeruli, der Nieren 482.	483
Glottis respiratoria und vocalis	578
Glutin 441.	562
Glycerin	126
» als Muskel- und Nervenreiz	551

Digitized by Google

	Seite
Glycin	189
Glycocoll	189. 399
Glycocollsäure	189
Glycocollsaures Natron	189
» Kali	189
Glycogen	185
Graaf'sches Bläschen	18
Gränzpunct 850, s. a. Nahepunct.	
Graue Substanz des Rückenmarks, Beziehungen derselben zum Gefühl	705
Gravidin	26
Graviditas	24
Guanin	203
Gubernaculum Hunteri	62
Gummi, ohne Bedeutung als Nahrungsmittel	137
» wird schwer resorbirt	392

H.

Haare, anatomisches Verhalten	417
» Ausfallen derselben	513
» Bildung derselben	52
« Richtung derselben beim Fötus	52
» Regeneration und Wachsthum derselben	418
Haarbalg	417
Haarkeim	417
Habenula externa et interna	933
Haematin	229
Haematinkrystalle	229. 231
Haematoidinkrystalle	229. 232
Haematokrystallin	229
Haeminkrystalle	229. 230
Haemodromometer	354
Haemodynamometer	347
Haemotachometer	354
Hafer, Bestandtheile desselben	132
Hahnentritt	33
Halbcirkelförmige Kanäle,	
» Drehbewegungen nach Verletzung derselben	758
» Schallleitung in dens.	931
Hammer,	
» Entstehung desselben	46
» Bewegung desselben	927. 929
Harn	480
» in der Allantois	65
» Bestandtheile desselben	489
Harn, Entleerung desselben	506
» Menge desselben	489. 505
» der Pflanzenfresser	497
» Reactionen desselben	504
» Secretion desselben	480. 485
» » während des Schlafes	799
» Uebergang verschiedener Stoffe in denselben	503
» Unterschied desselben bei beiden Geschlechtern	504
» Wärmeverlust durch denselben	476
» Wassergehalt desselben	505
Harnblase	506
» Entstehung derselben	61
» Bewegungen ders.	506. 786
» Muskulatur derselben	509
» Nerven derselben	510
» Verschluss derselben bei Leichen	507
Harnfarbstoffe	490
Harngährungen	504
Harnkanälchen	481
Harnleiter	506
s. a. Ureteren.	
Harnorgane, Entstehung derselben	39. 61
Harnröhre	64
Harnsäure	401
» in der Allantoisflüssigkeit	61
» im Blute	237
» im Gehirn	617
» im Harne	490
» in der Leber	186
» in den Muskeln	535
» in den Zellen der Vogelniere	488
» Ausscheidung und Bildung derselben	499
» Chemische u. physikalische Eigenschaften derselben	499
Harnsaure Magnesia	61
Harnsaures Natron in der Allantoisflüssigkeit	61
Harnstoff	401. 490
» im Blute	237. 480
» in der Galle	191
» im Harn	490
» in der Leber	186
» in der Lymphe	358
» in der Mundflüssigkeit	141
» in den Muskeln	535

Digitized by Google

Seite

Harnstoff im Schweisse 517
» Bedingungen der Bildung desselben 494
» Chemisches und physikalisches Verhalten desselben 490. 498
» als Oxydationsproduct . . 494
Hasner'sche Klappe 837
Hauptbrennpunct 839
Hauptebene eines optischen Systems 863
Hauptpuncte eines optischen Systems 861
Haut, Athmung durch dieselbe . . 70
» Entstehung derselben . . 39. 51
» Aufnahme verschiedener Stoffe durch dieselbe 514
Hautausdünstung 512
» Bedingungen derselben . 518
» als Wärmeregulator 478. 519
Hautdrüsen 515
Hautexcretion 512
» Athmen, abhängig vom Verhalten derselben . . 98
» nach der Geburt . . . 66
» Wärmeverlust durch dieselbe 476
Hautrespiration 519
» Tod durch Behinderung derselben 519
Hautstrom 464
Hauttalg 437. 515
Hautvenenblut, Temperatur desselben 476. 471
Haversi'sche Kanäle 444
Hemisphären des Grosshirn's, Entstehung derselben . . . 41
» Function derselben. 739. 801
Hemmung, der Erregbarkeitsänsserung 662
» Unterschied derselben von Lähmung 662
Hemmungsnerven 330. 685
Herz, Arbeitskraft desselben . . . 357
» Bewegung desselben 53. 255. 778
» Capacität desselben 356
» Entstehung desselben 39. 40. 52
» Elasticität desselben 339
» Gewicht und Masse desselben 54
» Muskulatur desselben . . . 256

Seite

Herz, Temperatur in demselben . 471
Herzbewegung 53. 255. 777
» Abhängigkeit vom Nervensysteme 777
» Intensität derselben . . 279
» als Mitbewegung . . . 760
» als Reizbewegung . . . 778
» Rhythmus und Typus derselben 269
» Ursachen und Bedingungen derselben . . . 320. 777
Herzganglien, als Quelle der Herzbewegung 383
Herzklappen 264
Herzmuskel, Irritabilität desselben 550
Herzohren 54
Herzschlag 269
Frequenz desselben beim Foetus 53
Herzstoss 260
Herztöne 263
Hinterhirn 41
Hinterstränge, des Rückenmarks, Durchschneidung derselben . 704
Hippursäure, Bildung derselben im Organismus 399
» im Blute 237
» im Harne 489. 540
Hoden 12
» Entstehung desselben . . . 62
» Herabsteigen desselben. . . 62
Hodensack, Entstehung desselben 64
Höhenaxe des Auges 899
Hören 921
Hornblatt 40. 45
Horngewebe 413. 512
Hornhaut 835
» Bau und chemische Beschaffenheit 441
» Brechung durch dieselbe . 856
» Entstehung derselben . . 44
» Regeneration derselben . . 382
Hornhautkörperchen 836
Horopter 910
Horopterlinie, vertikale 912
Hüftgelenk, Wirkung des Luftdrucks auf den Mechanismus desselben 572
Hühnerei, Bestandtheile dess. . 33. 132
» Entwicklung des Embryo in demselben 34

Digitized by Google

Seite

Hühnerei, Zucker in demselben . 129
Hühnerfleisch, Bestandtheile desselben 132
Hüllenfasern 602
Hülsenfrüchte 137
Hunger, Herabsetzung der Körperwärme durch denselben . . . 470
Hungergefühl 372. 693
» abhängig vom N. vagus 694
» Einfluss desselben auf die Magenschleimhaut . 815
Husten 97. 98
Hymen, Entstehung desselben . . 65
Hypoxanthin 401
» im Gehirn 617
» in der Leber 186
» in den Muskeln 534
» in den Nieren 186

I.

Identische Netzhautstellen 910
Idiomusculare Bewegung 558
Imbibition 390
Inanition 372
Indican 490
Inductionserscheinungen, unipolare 451
Infundibula, der Lunge 85
Infundibulum, Entstehung desselben 41
Infusorien, Entstehung derselben 3. 4. 8
Inosinsäure 534
Inosit, im Gehirn 617
» im Herzmuskel 534
» in der Leber 186
» in den Nieren 480
Inspiration 74
» Dauer derselben 91
» Pause zwischen derselben und der Exspiration . . 90
Inspirationscentrum 772. 774
Inspirationsmuskeln 74
Integritätsgefühle Amputirter . . 714
Intercellularsubstanz 406
Intercostalmuskeln 77
Interferenzfarben 885
Interpolare Strecke 631. 685
Intussusception 412
Jochbein, Entstehung desselben . 46
Iris, Bewegung derselben . . 655. 766
» Entstehung derselben 44
» Function derselben 853

Seite

Iris, Mitbewegungen derselben . . 761
» Nerven derselben 770
Irradiation 919
Irritabilität 543
» der Muskeln 543
» der Pflanzen 546
Isolatoren, ihre Anwendung bei electrophysiologischen Versuchen 450

K.

Käsestoff 124
s. Casein.
Kalbfleisch, Bestandtheile desselben 132
Kalium, im Blute 250
» in der Leber 186
» in der Milz 186
Kalk, in der Leber 186
» in der Milz 186
» im Pankreassaft 204
Kammern, des Herzens, Entstehung derselben 53
Karpfensamen, Bestandtheile desselben 9
Kartoffeln, Bestandtheile derselben 132
Kastanien, Bestandtheile derselben 132
Katamenien 20
Katelectrotonus 674
» absteigender extrapolarer 683
» aufsteigender » 675
Kathode 675
Kaubewegungen 154
Kaumuskeln 154
Kehldeckel, Entstehung desselben 47
» Function 161
Kehlkopf, Bewegungen desselben beim Athmen 82
» beim Schlingen . . . 160. 161
» Bildung desselben 60
» Einfluss der Hebung desselben auf die Stimme . . 591
» Stimmerzeugung in demselben 575
» als Zungenwerk 574
Kehlkopfsspiegel 576
Keimbläschen 19. 31
Keimblase 32
Keimfleck 19. 31
Keimhaut 32. 34
Kern 405, s. Zellenkern.

Digitized by Google

Seite

Kerne, der quergestreiften Muskelfasern 528
Kernfasern 440
Kernkörperchen 405
Kette, erregende 657
» zeitmessende 657
Kiefer, Entstehung derselben . . 46
Kiemenbogen 46
Kiemenspalten 46
Kieselsäure, im Harne 490
» in der Leber 186
» in der Milz 186
» in den Nahrungsmitteln 131
Kindspech 68
Klang 935
Kleber 125
Kloake 61. 64
Knochen 443
» Bau und chemische Constitution 443. 562
» Entstehung derselben 39. 48. 50
» erdige Bestandtheile verschiedener 562
» Ernährung und Wachsthum derselben 445
» knorplig präformirte . . . 50
» Regeneration und Reproduction derselben . . 379. 444
» secundäre 50
» Widerstand derselben gegen electrische Ströme 450
Knochengeschwülste während der Schwangerschaft 26
Knochenkörperchen 444
Knochenknorpelleim 562
Knorpel 48. 443
Knorpelknochen bei Plagiostomen 50
Knorpelleim 562
Knorpelzellen 49. 442
Knotenpuncte, eines optischen Systems 861
» der Nerven 668
Kochen der Speisen 130. 134
Kochsalz, s. Chlornatrium.
Körperbewegungen, Einfluss derselben auf die Pulsfrequenz 271
» auf die Respiration 96. 115. 777
» Mechanismus einzelner . 567
Körpergrösse 376

Seite

Körpergrösse, Einfluss derselben auf die Pulsfrequenz . 271
» auf die Respiration . 95. 113
Körpertemperatur 446, s. a. Wärme.
» abhängig von der Athmung 469
» von der Menge der Blutkörperchen 469
» von der Lufttemperatur 477
» von der Nahrungszufuhr 470
» vom Nerveneinfluss . . 473
» Ausgleichung derselben 466. 476. 478
» Schwankungen derselben nach Alter, Geschlecht und den Tageszeiten . 474
» sinkt nach Durchschneidung der N.N. vagi . . 469
» verschieden an verschiedenen Körperstellen . . 471
» während des Winterschlafs 470
Kohlehydrate, als Nahrungsmittel . 130
» Bildung derselben aus Proteinkörpern 398
Kohlenoxydgas, eingeathmet . . . 121
Kohlensäure,
» Abhängigkeit der Ausscheidung derselben von verschiedenen Einflüssen 112
» in der Atmosphäre . . 99
» in der Ausathmungsluft 101. 103. 111
» Bestimmung derselben . 106
» Orte der Ausscheidung für dieselbe 70
» als Reiz für die Athembewegungen 775
» Uebertritt derselben aus dem Blute in die Lungenluft 104
» Wichtigkeit derselben für den Organismus . 362
» giftige Wirkungen ders. 120
» Wirkung derselben auf die Herzthätigkeit . . . 274
» im Blute 238
» im Dickdarm 219
» im Dünndarm 206
» in der Galle 191
» im Harn 490

Digitized by Google

Seite

Kohlensäure im Magen . . . 70. 164
» in der Milch 136
Kohlensaurer Kalk in den Knochen 444. 562
» in den Zähnen 420
Kohlensaures Natron, in der Galle 191
» in der Lymphe 358
Kohlensaure Salze des Blutes . . 237
Kohlenstoff, Ausfuhr desselben . . 383
Kohlenwasserstoffgas, im Dickdarm 219
» im Dünndarm 207
» im Magen 164
Kopfknochen, Schallleitung durch dieselben 930
Koth 217, s. Faeces.
Kraft, electromotorische 449
Kreatin 402
» im Blute 237, im Gehirn 617, im Harne 489, in den Muskeln 534
Kreatinin 402
» im Blute 237, im Harne 489, in den Muskeln 534
Kreislauf, s. a. Blutcirculation.
» Apparat zur Veranschaulichung desselben 281. 313. 315
» Entdeckung desselben . . 254
» grosser 253
» kleiner 253
» erster 35, s. a. Nabelblasenkreislauf.
» zweiter 56, s. a. Foetalkreislauf.
» der Pfortader 254
Kreuzung der Nervenfasern . . . 750
Kreuzungspunct der Richtungsstrahlen 865
Kreuzungspuncte, eines optischen Systems 862
Krystalllinse 857, s. Linse.
Kupfer in der Galle 191
Kupferoxyd in der Leber 186, Milz 186
Kupfervitriol als Nerven- und Muskelreiz 551
Kurzsichtigkeit 850
Kyestein 26
Kymographion 348

L.

Seite

Labdrüsen 165
Labia majora 46, minora 65
Labyrinthwasser 930
Labzellen 165
Lachen 97. 98
Laminae dorsales 40
Lamina spiralis, Bau derselben . 933
Längsleitung im Nerven 650
Lanugo 52
Leber 180
» Bau und Functionen 180. 197. 199
» Bestandtheile 185
» Bildung von Blutkörperchen in derselben 57
» Entstehung derselben . . 39. 59
» Fettgehalt derselben 436
» Metalle in derselben 186
» Zucker in derselben . 129. 199. 404. 793
Leberferment 185. 186
Lebervenen 56. 183. 233. 244
Leberzellen 181
Leberzucker, Bildung desselben aus Proteinsubstanzen 404
Legumin 124
Leim 126. 368
Leimgebende Substanzen, in der Leber 185, in den Muskeln . 535
Leimzucker 189
Leitung der Erregung in den Nerven 650
» ihre Geschwindigkeit . . 654
» ihre Richtung 651
Leucin 125. 186. 203. 400
» aus Faserstoff 235
Leukaemie 233. 429
Licht, Einfluss desselben auf die Ernährung 371
» auf die Nervenerregbarkeit . 687
» Beschaffenheit desselben . . 867
Lichtäther 867
Lichtempfindung, Intensität ders. . 888
Lichtstrahlen, qualitative Verschiedenheit derselben 858
Lieberkühn'sche Drüsen 208
Ligamentum Iridis pectinatum . . 835
» stylohyoideum 47
» teres uteri 63
» vesicae medium 61
Ligula simplicissima, Entwicklung 7

Digitized by Google

Seite

Limnaeus stagnalis, Entozoen in demselben 6
Linsen (Leguminosae), Bestandtheile derselben 132
Linsen, achromatische Glas- . . . 860
Linse, des Auges, Bau derselben 837
» Brechung durch dieselbe . . 857
» Entstehung derselben . . . 44
» Ernährung derselben 418
» Reproduction derselben . . . 379
» des Auges, ihr Verhalten bei der Accommodation 845
Linsenkapsel 419
Linsenkern 419
Linsenöffnung 841
Linsenschichtung, Correction der sphärischen Aberration durch dieselbe 858
Liquor amnii 28. 37. 66
» Morgagnii 419
» sanguinis 226
Liquor stibii chlorati, als Nerven- und Muskelreiz 552
Listing's reducirtes Auge . . . 863
Localzeichen 952
Lochien 66
Luft, atmosphärische 99
» Menge der aus- und eingeathmeten 87
» Unterschied der Ein- und Ausathmungsluft 101
» Temperatur der ausgeathmeten 118
» verdünnte, Athmung in ders. 105
Luftdruck, Einfluss desselben auf die Gelenke 572
» auf die Herzbewegung . 342
» auf die Kohlensäure-Ausscheidung 117
» auf den Puls 273
Luftraum, im Hühnerei 33
Luftröhre, Entstehung derselben . 60
» Bau und Function . . . 83
Lungen, Bau derselben 86
» Contractilität derselben . . 90
» Diffusion der Gase in denselben 101
» Elasticität derselben 72. 85. 90
» Entstehung derselben . 39. 60
» Luftgehalt derselben nach dem Tode 87

Seite

Lungen, Veränderungen in denselben nach Durchschneidung der n. vagi 792
» Wärmeverlust durch dies. 118
Lungenluft, Bestandtheile derselben 101
Lymphe 225. 357, s. a. Chylus.
Lymphdrüsen, Bau derselben . . 431
» ihre Function 432
Lymphherzen, der Amphibien . . 823
Lymphkörperchen 357. 427
» Entstehung derselben in den Lymphdrüsen . . . 432
» in der Milz 429. 430

M.

Macula germinativa 19
Magen 162
» Bewegung desselben . 177. 779
» Entstehung desselben . . . 58
» Erscheinungen an demselben beim Hungern 694
» Gase in demselben . . . 70. 162
» Gefässe desselben 174
Magendrüsen 165
Magenfisteln 174
Magengrübchen 165
Magensaft 168
» Einwirkungen desselben auf Proteinsubstanzen 170. 172. 174
» auf Stärkemehl 173
» künstlicher 168
» Menge des abgesonderten 172
» Säuren in demselben . . 170
Magenschleimhaut, Muskellage derselben 167
» Reizung derselben . . . 176
» während der Verdauung 164
Magnesia in der Leber 186, Milz 186, im Pankreassaft 204
Mais, Bestandtheile desselben . . 132
Malpighi'sche Körperchen in der Milz 428
» in den Nieren 482
Malpighi'sches Netz 513
Malpighi'sche Pyramiden 481
Mangan in der Galle 191
Manganoxyd in der Leber 186, Milz 186
Manometer 303
Margarin, in der Galle 188

Digitized by Google

Seite

Margarinsäure 126
» im Blute 237
» im Gehirn 616
Mariotte'scher Versuch 875
Mark, verlängertes; s. Verlängertes Mark.
Markkanälchen 444
Markräume 51
Marksubstanz der Niere 481
Mastdarm, Bewegung desselben 221. 786
Matrix 412
Meconium 68
Medulla oblongata, s. Verlängertes Mark.
» spinalis, s. Rückenmark.
Medusa aurita, Entwicklung derselben 5
Meerschweinchen, abweichende Entwicklung derselben . . . 39
Meibom'sche Drüsen 837
Membrana granulosa 18
» decidua reflexa et serotina 29
» testacea 33
» Descemetii s. Demoursii 835
Menstruation 20
Meridian, horizontaler des Auges 912
» vertikaler 898
Mermis albicans, Entwicklung desselben 6
Mesenterium 59
Mesogastrium 59
Mesorchium 62
Mezzosopran 589
Micropyle 19
Milch 66
» Bestandtheile derselben . . 135
» Fehlen von schwefelsauren Salzen in derselben . . 138
» als Nahrungsmittel 135
» Sekretion derselben 436
Milchasche, Analyse derselben . . 136
Milchdrüsen 436
Milchsäure, Bildung derselben . . 129
» im Blute 237
» im Gehirn 617
» im Harn 500
» im Magensaft 171
» in den Muskeln 534
» im Schweisse 517

Seite

Milchsäure als Muskel- und Nervenreiz 551
Milchzähne 47. 68
Milchzucker 67. 128
» Umsetzung desselben in Milchsäure 129
Millon's Reagens 125
Milz 427
» Anatomisches Verhalten . . 427
» Aschenbestandtheile derselb. 186
» Blutlauf in derselben 428
» Contractilität derselben . . . 431
» Entstehung derselben . . . 59
» Function derselben 429
» Reproduction derselben . . 383
Milzpulpe 428
Milzvenenblut 233
Mineralsäuren, Einwirkung derselben auf die Blutkörperchen . 228
Mitbewegungen 759
Mitempfindungen 716
Mittelpunct, optischer 860
Molecularbewegung 524
Monochromatische Aberration . . 842
Monostomum mutabile, Entwicklung desselben 6
Morgagnische Hydatide 63
Motorisches Blatt des Embryo . . 39
Motorische Nerven 621. 831
Motus vibratorius 521
Mouches volantes 881
Mucin 154
Müller'scher Gang 63
Müller'sche Fasern der Retina . . 872
Multiplicator 454
Mundflüssigkeit 139
Mundhöhle, Entstehung derselben 46. 52
» Schleimdrüsen derselben 153
» Verdauungserscheinungen in derselben 139
Musculi: arytaenoidei 586
» buccinator 82. 139, bulbo-cavernosus 15. 17. 512, crico-arytaenoidei laterales et postici 585, cricothyreoideus 581, constrictores pharyngis 158, depressor alae nasi 82, depressor anguli oris 82, depressor septi mobilis 82, depressor labii inferioris . . 140

Digitized by Google

Seite

Musculi: digastricus maxillae infer. 154. 160, dilatator pupillae 766, genioglossus 140. 156, geniohyoideus 154. 160, glossopalatinus 157, hyoglossus 82. 156, ischiocavernosus 17. 512, intercostales 74. 77, levator anguli oris 82, levator ani 223. 509, levator labii superioris alaeque nasi 82, levator labii super. proprius 140, levator veli palatini 82. 160, levatores costarum 74. 80, lingualis 56. 139, longitudinalis linguae 156, masseter 155, mylohyoideus 139. 154. 157. 160, obliquus abdominis externus 74. 81, obliqui oculi 899, obturator internus 223, omohyoideus 155, orbicularis oculi 837. 897, orbicularis oris 140, pectorales major et minor 74. 80, pharyngopalatinus 159, pterygoidei externus et internus 155, quadratus lumborum 74. 81, recti capitis antici 156, recti oculi 899, salpingopharyngeus 160, scaleni 74. 80, serrati 74. 80, sphincter ani 221. 223. sphincter pupillae 766, sphincter urethrae prostaticus 511, sphincter vesicae 509, stapedius 929, sternocleidomastoideus 74. 81, sternohyoideus 82. 155, sternothyreoideus 82, styloglossus 156. 160, stylohyoideus 155, stylopharyngeus 160, subclavius 74. 80, temporalis 155, tensor chorioideae 848, tensor tympani 927, tensor veli palatini 157. 160, transversus linguae 156, triangularis sterni 74. 81, thyreoarytaenoidei 584, urethralis transversus 511, zygomatici 140.

Seite

Muskelbewegung, Arten und Eintheilung derselben . . 717
» Bedingungen derselben . 525
» Einfluss des Blutes auf dieselbe 541
» Einfluss des Nervensystems 542
» nach dem Tode . . . 563
» coordinirte 717
» einfache 717
s. auch Bewegung und Muskelcontraction.

Muskelcontraction, Elasticitätsverhältnisse während derselben 559
» Erscheinungen und Wirkungen derselben . . . 553
» Schnelligkeit derselben. 562
» Volumsverminderung des Muskels durch dieselbe 555

Muskelfasern, Bildung neuer . . 447
» Entstehung derselben. . 51
» Ernährung und Wachsthum 446
» glatte 531
» in den Darmzotten. . . 213
» in den Lymphdrüsen. . 431
» in der Milz. 431
» Vergrösserung und Vermehrung derselben im schwangern Uterus . . 25
» quergestreifte, Bau und Vorkommen 526
» Verlauf derselben im Herzen 256

Muskelfibrin 535
Muskelgefühl 697
Muskelirritabilität 543
Muskelkörperchen 528
Muskeln, Abscheidung von CO_2 durch dieselben 70
» animale und organische . 557
» Bau derselben 526
» chemisches Verhalten . . 533
» Cohäsion derselben . . . 539
» Contractilität derselben. . 525
» Dehnbarkeit derselben . . 539
» Einfluss derselben auf die Blutbewegung 295

Digitized by Google

Seite

Muskeln, Elasticitätsverhältnisse derselben 539
» electrisches Verhalten 459. 536
» Entstehung derselben 39. 40. 51
» Ernährung und Wachsthum derselben 446
» Fettdegeneration derselben 437
» Kraft derselben 561
» Wirkung des destillirten Wassers auf dieselben . 551
» der Arterien 286
» des Kehlkopfes 581
» des Mastdarmes 221
Muskelphysiologie 525
Muskelreize 525. 533
» spezifische 551
s. auch Nervenreize.
Muskelsaft 533
Muskelstrom 459
» Geschichtliches in Betreff desselben 459
» Gesetz desselben . . . 460
» künstlicher und natürlicher 536
» negative und positive Schwankung desselben 539
Muskeltonus 761, s. a. Tonus.
Mutterkuchen 32
Myographion 676
Myolemma 527
Myopie 850
Myriapoden, Samenfäden derselben 12

N.

Nabel 35. 52
Nabelblase 35
Nabelblasengang 35. 57
Nabelblasenkreislauf 35
Nabelgefässe 35
Nabelstrang 38. 66
Nachbilder 893
» farbiges Abklingen derselben 896
» negative 893
» positive 893
Nachgeburt 66
Nachhirn 41
Nachwehen 66
Nachwirkungen der Erregung . . 655
» auf der retina 892

Seite

Nackenhöcker 40
Nägel, anatomisches Verhalten . 416
» Ernährung und Wachsthum 416
» Entstehung derselben . . . 52
Nahepunkt 850, s. Gränzpunkt.
Nahrung, Einfluss derselben auf die CO_2-Bildung . . . 116
» auf die Harnstoffbereitung 495
» Menge derselben 138
» erforderliche Qualität und Quantität derselben . . 367
Nahrungsbedürfniss 365
» Zunahme desselben bei Absperrung der Gallenzufuhr 192
Nahrungsdotter 34
Nahrungsmittel 123
» Bestandtheile derselben . 132
» Verhältniss ihrer Bestandtheile 137
» chemische Umsetzungen derselben im Organismus 397
» plastische und Respirationsmittel 366
» stickstoffhaltige 123
» stickstofflose 126
Narcotica, Einfluss derselben auf die Nervenerregbarkeit . . . 687
Nasenhöhle, Entstehung derselben 46. 52
» Nebenhöhlen derselben . 940
Nasenschleimhaut 938
Natrium im Blute 250, in der Leber 186, in der Milz 186, im Pankreassaft 204
Nebencierstock 64
Nebenhoden 63. 64
Nebenhöhlen der Nase 940
Nebennieren, Bau derselben . . . 433
» ihre Entstehung 62
» ihre Function 434
Negative Phase 639
Negative Stromesschwankung, der Muskeln 539
der Nerven 642
Nerven, anatomischer Bau . . . 597
» Absterben derselben 665
» chemisches Verhalten . . . 615
» electrische Eigenschaften 464. 618

Digitized by Google

	Seite
Nerven, Entstehung derselben	44
» Ermüdung derselben	624
» Erregbarkeit derselben	595. 597
» Geschwindigkeit der Leitung in denselben	654
» Kreuzung derselben	750
» Knotenpunkte und reizbare Stellen derselben	668
» Organische Action derselben	620
» Peripherische, verschiedene Empfindlichkeit derselben	709
» Regeneration derselben	380
» Richtung der Erregungsleitung in denselben	650
» Vermehrung derselben im schwangern Uterus	26
» Verlauf und Endigung in den Muskeln	543
» Widerstand gegen electrische Ströme in denselben	450
» cellulare	689. 794
» motorische	621. 831
» sensible	621. 829
» sensuelle	621. 832
» spezifische	689
» trophische	795
» vasomotorische	475
» der Iris	766
» der Harnblase	510
» des Kehlkopfes	587
» im Nabelstrang	38
» des penis	18
» der Zunge	941
Nervenendknospen	515
Nervenerregbarkeit	595. 597
s. a. Erregbarkeit.	
Nervenerregung	626
s. a. Erregung.	
Nervenfasern.	
» Bau derselben	598
» fettige Degeneration derselben	381
» peripherische Endigung derselben	607
» Verhalten zu den Ganglienzellen	610
» Verlauf derselben in der medulla oblongata	614
» Verlauf derselben im Rückenmark	612

	Seite
Nervenfasern, Vermehrung derselben im schwangern Uterus	26
» breite, peripherische, markhaltige	598
» centrale	603
» excitomotorische	729
» hüllenlose	601
» reflexmotorische	729
» Remak'sche	602
» schmale	601
Nervenfluidum	621
Nervenkraft	620
Nervenmark, chemisches Verhalten	516
Nervenphysiologie	595
Nervenreize im Allgemeinen	627
» äussere	627
» durchs Blut	648
» chemische	643
» electrische	628
» innere	627. 647
» mechanische	645
» psychische	647
» durch Sinnesapparate	647
» spezifische	551
» thermische	646
Nervenscheide, chemisches Verhalten	616
Nervenstrom	464
» ruhender	618
» negative und positive Schwankung desselben	642
» Theorie desselben	619
Nervensystem, Einfluss desselben auf die Athmung	70. 781. 789
» Einfluss desselben auf die Ernährung und Absonderung	371. 789
» auf die Darmbewegung	216. 779
» auf die Entstehung der Darmgase	207
» auf die Gallensecretion	199
» auf die Gefässe	289
» auf die Geschlechtsfunction und die Geschlechtstheile	18. 786
» auf die Harnblase	506. 786
» auf die Herzbewegung	321. 323

Digitized by Google

	Seite
Nervensystem, Einfluss desselben auf die Iris	766
» auf die Magenthätigkeit	175. 178
» auf den Mastdarm	786
» auf die Muskelbewegung	542
» auf die Speichelsecretion	150
» auf die Stimmbildung	587
» auf die thierische Wärme	473. 475. 478
» aufs Zellenleben	794
» auf die Zuckerbildung in der Leber	201. 793
» Entstehung desselben	39. 41
» Reactionen in demselben	248
» Wirkung des Blutes auf dessen Thätigkeit	248
Nervenwurzeln, hintere	613. 623
» vordere	614. 623
Nervi: abdominales 93, abducens 809, accessorius 819, acusticus 813. 932, auriculo-temporalis	809
» facialis	93. 150. 758. 809
» glossopharyngeus	150. 697. 813 941
» hypoglossus	380. 819. 941
» intercostales	93
» ischiadicus, Wirkung der Durchschneidung desselben	780
» laryngei	93. 161. 587. 817
Nervus laryngeus superior, Wirkung desselben auf die Respiration	776. 818
Nervi: lingualis	150. 380. 473. 941
» oculomotorius	767. 804
» olfactorius	44. 862. 938
» opticus	803. 879. 885
» phrenicus	76
» petrosus superficialis minor	809
» recurrens vagi	93. 587. 817
» splanchnici	216. 217
» Durchschneidung derselb.	695. 785
» Einfluss derselben auf die Darmbewegung	783
» Empfindlichkeit derselben	709
Nervus sympathicus	216. 224. 820
» Einfluss desselben auf die Bewegung des bulbus oculi	823
Nervus sympathicus, Einfluss desselben auf die Bewegung der Harn- und Geschlechtsorgane	786
» auf die Bewegung d. Herzens	331
» auf die Bewegung der Iris	767
» auf die Bewegung des Mastdarms	786
» auf die Gefässe	342. 829
» auf das Hungergefühl	695
» auf die Speichelsecretion	150
» Entstehung desselben	44
» Selbstständigkeit desselben	822
» locale Temperaturerhöhung nach Durchschneidung dess.	475
Nervus sympathicus cervicalis	710. 828
» » dorsalis	829
» » lumbaris	829
Nervus trigeminus	150. 805
» Beziehung zum Geschmack	941
» » zur Iris	771
» Durchschneidung desselben	791. 806
» Empfindlichkeit desselben	709
Nervus vagus	216. 224. 772. 781. 813
» Beziehungen zum Hungergefühl	694. 815
» Durchschneidung desselben	93. 175. 178. 180. 792
» Hemmungswirkungen desselben	330
» Verhalten desselben zu den Athembewegungen	772. 815
» zu den Darmbewegungen	781
» zur Herzbewegung	324
» zu den Bewegungen der Speiseröhre und des Magens	814
Netzhaut s. retina.	
Netzhautbild	833
» Grösse desselben	866
» Deutlichkeit desselben	880
Neurotom	806
Nieren, Bau derselben	481
» chemische Bestandtheile	480
» Blutdruck in denselben	485
» Entstehung derselben	62
» Secretion derselben	480
Nierenbecken, Entstehung	62

Digitized by Google

Seite

Nierenkanälchen, Entstel ung derselben 62
Nierenkelche, Entstehung 62
Nierenvenen, Unterbindung ders.. 485
Nierenvenenblut, Temperatur desselben 471. 473
Nierenzellen, Einfluss derselben auf die Harnaussonderung 487
» Fettbildung in denselben 488
Niesen 97. 98
Noeud vital 92
Nuck'scher Kanal 63
Nutritives Blatt des Embryo. . . 39

O.

Oberhautgebilde 413, s. Epidermoidalgebilde.
Oberkiefer, Entstehung 46
» Verhalten beim Kauen . 156
Oberkieferfortsatz 46
Objecte, Gränzen der Sichtbarkeit derselben 882
Ochsenfleisch, Bestandtheile dess. 132
Ödogonium, Befruchtungsprocess bei demselben 23
Öffnungstetanus 669
Öffnungszuckung 628
Ölphosphorsäure im Blute 236
» im Gehirn 616
Ölsäure 126, im Blute 237
» im Gehirn 616
Ohr, Entstehung desselben . . 45. 46
» äusseres, Functionen desselb. 922
» inneres 930
Ohrenschmalz 923
Olein im Blute 236
» in der Galle 188
Omichmyloxyd 490
Ophthalmometer . . . . . 838 Anm.
Optischer Cardinalpunct 861
» Mittelpunct 860
Optometer 853
Organische Verbindungen in der Ausathmungsluft . . . 118
» im menschlichen Körper 2
» in den Nahrungsmitteln 123
Ortssinn 944. 950
Ossification 48

Seite

Osteophyten während der Schwangerschaft 26
Otolithen 931
Oxydationsprocesse im Körper. . 494
Ozon 520
Ozonträger 520

P.

Pacini'sche Körperchen 608
Palmitinsäure 126
Paludina vivipara, Entozoen in derselben 6
Pancreas, Entstehung desselben 39. 60
» Verdauungserscheinungen durch dasselbe 203
Pancreasfistel 203
Pancreatischer Saft, Bestandtheile 204
» Wirkungen desselben 174. 204
Papilla nervi optici 875
Papillarmuskeln des Herzens . . 265
Paradoxe Zuckung 652
Parelektronomische Schicht der Muskeln. 462. 538
Parotis 151
Parthenogenesis 5
Paukenhöhle, Entstehung derselb. 47
» Schallleitung in derselb. 923
Pectin 131
Pedunculi cerebri, Entstehung . . 42
Pendelschwingungen der Beine beim Gehen 572
Penis, Entstehung desselben . . . 64
» Erection desselben 15
Pepsin 169
» im Magensaft 172
Peptone 174
» Resorption derselben . . . 393
Pericardium 423
Perimysium 527
Periost 444
Peripolare Anordnung der electromotorischen Muskelmoleküle 461
» der Nervenmoleküle . . 619
Peristaltische Bewegung 214
Peritoneum 423
Perspiratio insensibilis . . . 515. 517
» sensibilis 515
Petromyzon Planeri, Metamorphose desselben 8

Digitized by Google

	Seite
Pettenkofer'sche Probe	190
Peyer'sche Drüsenhaufen	432
Pflanzen, Fettgehalt derselben	126
Pflanzenfibrin	125
Pflanzenleim	125
Pflanzensaure Salze, Umwandlung derselben im Darm zu kohlensauren	219
Pflasterepithel	414
Pfortader	198
s. a. vena portarum.	
Pfortaderkreislauf	254
Pharynx, Bewegungen desselb.	158, 161
» respiratorischer Theil desselben	160
Phenylsäure	489
Phosphen	889
Phosphorsäure im Blute	250
» im Gehirn	617
» in der Leber	186
» in der Milz	186
Phosphorsaure-Ammoniak-Magnesia in den Faeces	218
» im Harn	501
Phosphorsaures Kali in den Nahrungsmitteln	131
Phosphorsaurer Kalk im Blute	237, 250
» in den Faeces	218
» in der Galle	190, 191
» im Harn	490, 501
» in den Knochen	444, 562
» in der Lymphe	358
» in der Milch	67
» in der Mundflüssigkeit	141
» in den Nahrungsmitteln	131
» im Schweisse	517
» in den Zähnen	420
Phosphorsaure Magnesia in der Allantoisflüssigkeit	61
» im Blute	237, 250
» in den Faeces	218
» in der Galle	190, 191
» im Harn	490, 501
» in den Knochen	562
» in der Milch	67
» in der Mundflüssigkeit	141
» in den Nahrungsmitteln	131
» in den Zähnen	420
Phosphorsaures Natron im Blute	237
» in der Galle	190, 191

	Seite
Phosphorsaures Natron im Harn	501
» in der Lymphe	358
» in der Mundflüssigkeit	141
» in den Nahrungsmitteln	131
» im Pankreassaft	204
» im Schweisse	517
Phosphorsaure Salze im Gehirn	617
» des Harns	500
» der Leber	185
» im Magensaft	172
» in den Thränen	837
Physiologie, Definition	1
» Eintheilung	2
Pigment im Auge, Effect desselb.	866
Pigmente	885
Piqûre	202
Placenta	32, 66
» Blutlauf in derselben	33
» foetalis	32
» uterina	32
» sanguinis	226
Placentargeräusch	26
Plasma sanguinis	226
Plasmatisches Gefässsystem der Bindesubstanzen	443
Pleura	423
Plexus coeliacus	216, 224
Plica centralis retinae	874
Poduren	764
Point vital	92
Poiseuille'scher Raum	291
Polarisation bei electrischen Strömen	453
» säulenartige	641
Polarisationsstrom	454
Porenkanälchen an Säugethier- und Fischeiern	19
Positive Phase	638
Presbyopie	850
Primitivband 599, s. Axencylinder.	
Primitivrinne	38
Primitivstreifen	38
Primordialcranium	50
Primordialnieren	61
Prismatische Farben	885
Processus styloideus	47
» vaginalis	63
» vermicularis	220
Proglottis	7
Projectionslinien	905

Digitized by Google

	Seite
Prostata, Entstehung	64
» Muskulatur	13. 14
» Secret derselben	15
Proteinbioxyd	512
Proteinkörper	125
» in der Leber	185
» in der Nervensubstanz	616
» Bildung von Kohlehydraten aus denselben	398
» Einwirkung des Magensaftes auf dieselben	170
» Umsetzungen derselben im Organismus	398
Ptyalin	141
Pubertät	12
Pulpa dentium	47
Puls der Arterien	283. 337
» des Herzens	260
Pulsfrequenz	269
s. auch unter Herz und Herzbewegung.	
Punctum saliens	53
Pupillarmembran	45
Pupillarsack	45
Pupille, Gestaltveränderung derselben, abhängig von den NN. oculomotorius und sympathicus	766
» Verengerung derselben bei der Accommodation	847
Purkinje-Sonson'sche Spiegelbildchen	846

Q.

Quallen, deren Fortpflanzung	5
Queraxe des Auges	899
Querleitung im Nervensystem	653. 720

R.

Rachenhöhle, Verdauungserscheinungen in derselben	156
Räuspern	98
Randstrahlen, werden abgehalten durch die Iris	853
Reaction der Nerven auf Reize	595. 596
» Erscheinungen derselben	691
Reflexbewegung	718
» im Gangliensystem	827
» bei Strychninvergiftung	726
Reflexbewegung, Verhältniss derselben zu den willkürlichen Bewegungen	728
» Zweckmässigkeit ders.	728
Reflexfasern	729
Regeneration	378
Reibungswiderstände in den Gefässen	299
Reis, Bestandtheile desselben	132
Reitbahnbewegung	754
Reizbare Stellen der Nerven	668
Reizbewegungen	765
Reize, spezifische für Muskeln und Nerven	551
» Einfluss derselben auf die Intensität der Erregung	661
» Einfluss nichtelectrischer auf die Erregbarkeit	686
» für die retina	879 ff.
» Wirkung derselben auf die Pulsfrequenz	276
s. a. unter „Nervenreize".	
Reizlosigkeit	661
Reizung, Verhältniss zur Intensität der Erregung	661
Remak'sche Fasern	602
Reproduction	378
Resorption	387
» im Dünndarm	208
» fester Theilchen	395
Respiratio abdominalis	81
» thoracica	81
Respiration 70, s. Athmen.	
Rete Malpighii	513
Retina, Bau und Function	871
» Bilder auf derselben	833. 866
» Entstehung derselben	44
» Bedingungen ihrer Erregung	879
» Dauer der Erregung derselben	892
» Identische Stellen derselb.	910
» Lichtempfindende Schicht derselben	878
» Reize für dieselbe	888
Retinagefässe, Wahrnehmung des Schattens derselben	879
Rheochord	678
Rhodankalium	402
» in der Mundflüssigkeit	141

Digitized by Google

Seite

Rhodankalium im Parotidenspeichel 151
» im Sublingual- und Submaxillarspeichel . . . 152
Richtungsstrahlen 835
» Verlauf derselben im Auge 860
Riechen 937
Riechstoffe 938
Rigor mortis 564
Ritter'scher Tetanus 669
Rippen, Elasticität und Torsion derselben 80. 81
Röcheln 98
Röhrenförmige Drüsen 424
Roggen, Bestandtheile desselben . 132
Rohrzucker 128
Rüben, Bestandtheile derselben . 132
Rückenmark 802
» Beziehungen desselben zu den willkürlichen Bewegungen 750
» zum Gefühl 703
» zur Darmbewegung 216. 785
» zur Bewegung der vasa deferentia 14. 786
» zur Erection 18
» zur Zuckerbildung in der Leber 202. 793
» Entstehung desselben 40. 43
» Faserverlauf in demselb. 612
» Sensorium in demselben 732
Rückenplatten 40
Rücklaufende Empfindlichkeit . . 624
Rundes Mutterband 63

S.

Saccus epiploicus 59
Säulenartige Polarisation elektrischer Moleküle 641
Säuren als Nervenreize 645
Salicin 148
Salpetersäure, Wirkung derselben auf die Gallenfarbstoffe . . . 191
Salze des Blutes 237
Salzsäure, s. Chlorwasserstoffsäure.
Samen, männlicher, Bestandtheile desselben 9
» Diagnose desselben 9
» Entleerung desselben 13

Seite

Samenfäden 9
» Bewegung derselben 10. 524
» ihre Entwicklung . . . 11
Samenführende Gänge 13
Samenkanälchen 12
Samenzellen 12
Sarcina ventriculi 164
Sarcous elements 530
Sarkin, s. Hypoxanthin.
Sarkode 524
Sarkolemma 527
Sarkoplasten 447
Sauerstoff, Aufnahmeorte desselb. 70
» Einfluss desselben aufs Gefühl 712
» auf die Harnstoffbildung 494
» auf die Herzthätigkeit . 274
» Menge des verbrauchten 111. 112
» reiner, geathmet. . . . 119
» Übertritt desselben ins Blut 105
» in der Atmosphäre . . 99
» in der Ausathmungsluft 101
» im Blute 238. 250
» im Dickdarm 219
» im Dünndarm 207
» im Harne 490
» im Magen 70. 164
» in der Milch 136
Saurer phosphorsaurer Kalk im Magensaft 171
Saures phosphorsaures Natron im Harne 490. 501
Schädelwirbel 46
Schalenhaut der Vogeleier, Analogie derselben mit der Decidua 30. 33
Schall 934
Schallleitung im Gehörorgan . . 922
» durch die Kopfknochen 930
Schatten, farbige 897
Scheidewand der Atrien 54
» der Ventrikel 54
Scheiner'scher Versuch 843
Schilddrüse 433
Schistocephalus dimorphus, Entwicklung desselben 7
Schlaf 796

Digitized by Google

	Seite
Schlaf, Bildung von CO_2 während desselben	115. 779
» Temperatur während desselb.	474
Schleim in der Galle	188. 190
» im Magen	165. 176
» in der Mundhöhle	153
» in den Thränen	837
Schleimbeutel	423
Schleimblatt des Embryo	39
» Entwicklung desselben	57
» der Keimhaut	34
Schleimdrüsen im Magen	165. 167
» in der Mundhöhle	139. 153
Schleimhäute	422
Schleimkörperchen	141
Schleimstoff	154
Schliessungszuckung	628
Schlingen	156
Schluchzen	97. 98
Schlund, s. Pharynx.	
Schmecken	940
Schmeckende Stoffe	940
Schmelz	420
Schmelzoberhäutchen	420
Schmelzorgan	47. 421
Schmerz	692
Schnarchen	98
Schnecke, Schallleitung in derselb.	931
» Nervenendigung in ders.	933
Schwangerschaft	24
» Einfluss derselben auf die Kohlensäure-Bildung	115
Schwankung, negative und positive des Muskelstromes	539
» des Nervenstromes	642
Schwanzkappe	37
Schwefel, in den Nahrungsmitteln	131
» im Taurin	190
Schwefelhaltige Gase in der Ausathmungsluft	118
Schwefelsäure, Einwirkung derselben auf Cellulose 130, im Blute 250, in der Leber 186, in der Milz	186
Schwefelsaure Salze in den Faeces	218
» im Fleische	137. 556
» im Harne	490. 502
» in den Nahrungsmitteln	131
Schwefelsaures Kali im Gehirn	617
» im Pankreassaft	204

	Seite
Schwefelsaures Natron im Blute	237
» in der Mundflüssigkeit	141
» im Pankreassaft	204
Schwefelwasserstoffgas unathembar	121
» im Dickdarm	219
» im Dünndarm	207
» im Magen	164
Schweinefleisch, Bestandtheile desselben	132
Schweiss	515
» Absonderungsverhältnisse	516. 518
» chemische Bestandtheile	517
Schweissdrüsen	515
Schweisssäure	518
Schwerpunct des menschlichen Körpers	567
Schwingungsdauer	868
Schwingungsweite	869
Sclerotica, Entstehung derselben	44
Scolices	7
Secret der Drüsen im Allgemeinen	425
» der serösen Häute	423
Secretion, abhängig vom Cerebrospinalnervensystem	790. 794
» vom Gangliennervensystem	827
» beim Embryo	65
» während des Schlafes	799
» Wirkung verschiedener Agentien auf dieselbe	176
» im Dickdarm	220
» im Dünndarm	208
» der Galle	192. 197
» des Magensaftes	165. 174
» der Milch	436
» des Pankreassaftes	203
» des Speichels	149
Secretionsorgane	421
Secundär-electrischer Zustand	641
Secundäre Zuckung	642
Seeigel und Seesterne, Entwicklung derselben	6
Sehaxe	898
Sehen	832. 867
» directes und indirectes	913
» Erfordernisse für dasselbe	832. 879
» im Raume	902
» Grenzen desselben u. Raum- und Zeitverhältnissen	882. 883
» Schärfe desselben	888

Digitized by Google

Seite

Sehen, Stelle des deutlichsten . . 874
Sehhügel, Drehbewegungen bei Verletzung derselben . . 754
» Entstehung derselben . 41. 42
» Verhalten derselben zur Gefühlsperception 701
Sehnenscheiden 423
Sehweite, mittlere 852
Seitendruck des Blutes 346, s. Blutdruck.
Semilunarklappen 266
Sensible Nerven 621. 829
Sensorielles Blatt des Embryo . . 39
Sensorium im Rückenmark . . . 732
Sensuelle Nerven 621. 832
Septum pellucidum, Entstehung desselben 41
Serin 236
Seröses Blatt des Embryo . . . 39
» der Keimhaut 34
Seröse Häute 422
Serolin im Blute 237
Serum sanguinis 226
» Bestandtheile desselben 236
Sinnesempfindungen, Physiologie derselben 832
Sinus terminalis 35
» urogenitalis 64
» valsalvae 267
Solitäre Drüsen 432
Sopran 589
Spannung, electrische 449. 451
» bei Flüssigkeiten . . . 296
Specificität der Nerven 689
Speichel 148
» diastatische Wirkung dess. 153
» Schleimgehalt desselben . 152
» Verschiedenheiten desselb. 153
» Verhalten zu den Proteinstoffen 153
Speicheldrüsen, Ersatzmittel ders. 153
» Exstirpation derselben . 152
» Function derselben . . 152
» von formica rufa 425
Speichelfisteln 149
Speichelkörperchen 141
Speichelsecretion, Einfluss des Nervensystems auf dieselbe 150. 809
» Mechanismus derselben . 149

Seite

Speichelstoff 141
Speisebrei 162
Speisen 123
Speiseröhre, Function und Bewegungen derselben 161. 814
Sperma 9, s. Samen.
Spermatin 10
Spermatozoen 9. 524
Sphärische Aberration im Auge . 842
Sphincteren 223
Sphygmometer 279
Spirometer 87
Sprache 592
S romanum 221, siehe Flexura iliaca.
Stäbchenschicht der retina als lichtempfindender Theil derselben 878
Stärke 127
» Fettbildung aus derselben . 402
» Umsetzung derselben in Traubenzucker 130. 142
Starrkrampf 554
Stasis 292
Stearin im Blute 237
Stearokonot 617
Stehen, Mechanismus desselben . 567
Steigbügel, Entstehung desselben 47
» Bewegung desselben . . 929
Stereoskop 914
Stichling, Entozoen desselben . . 7
Stickstoff, allgemeine Aufgabe desselben im Organismus. 363
» Ausfuhr desselben . . . 383
» in der Atmosphäre . . 99
» in der Ausathmungsluft 118
» im Blute 238
» im Dickdarm 219
» im Dünndarm 206
» im Harne 490
» im Magen 164
» in der Milch 136
Stickstoffhaltige Substanzen . . . 123
» Fettbildung aus dens. . 403
Stickstofflose Substanzen 126
» Umsetzungen derselben im Organismus 402
Stickstoffoxydulgas, Einathmen desselben 120
Stimme 574
» Entstehung derselben . . . 575

Digitized by Google

Seite

Stimme, Höhe derselben 588
» Klang 592
» Modificationen 588
» Register 592
» Reinheit 592
Stimmbänder, Elasticität derselben 588
» Spannung und Bewegung derselben 578
Stimmritze, alleiniger Ort der Stimmbildung 577
» Stellung derselben beim Athmen und Tonangeben 82. 587
» Verhalten derselben nach Durchschneidung der Nervi recurrentes . . . 818
» Verschluss derselben bei der Bauchpresse . . . 587
» beim Schlingen 161
Stoffwechsel 361
» Beweise für denselben 372
Stomach-cells 165
Streifenhügel, Entstehung derselb. 41
» Erscheinungen bei Exstirpation und Reizung ders. 752
s. a. corpus striatum.
Stroboskopische Scheiben 892
Stromgeschwindigkeit in Röhren, allgemeine Gesetze derselben 306
Stromprüfender Froschnerv . . . 458
Stromschleifen, Entstehung und Verhütung derselben 450
Stromstärke, Einfluss derselben auf die Erregung 661
Strychnin, Wirkung desselben aufs Nervensystem 726
Superfoetatio 31
Sympathischer Nerv, s. Nervus sympathicus.
Synovialhäute 423
Syntonin 235. 585
Systole arteriarum 285
» cordis 256

T.

Taenia crassicollis, Entwicklung derselben aus Cysticercus fasciolaris. 7

Seite

Tageszeiten, Änderungen der Körpertemperatur mit denselben 474
» Einfluss derselben auf den Puls 276
» auf die Harnstoffausscheidung 498
Talgdrüsen 437
Talgsäure 126
Tastempfindung, Dauer und Feinheit derselben 950
Tasten 943
» Erfordernisse desselben . . 944
» Unterschied desselben vom Fühlen 943
Tastkörperchen 946
Tastsinn 943
» Objecte desselben 946
» Organe desselben 945
» Psychische Thätigkeit dess. 953
Taubenfleisch, Bestandtheile desselben 132
Taurin 190. 401
» in den Nieren 480
Taurocholsäure 189
Taurocholsaures Natron 189
Taurylsäure im Harn 489
Temperatur des Körpers 466
» Einfluss derselben aufs Athmen 98
» auf die Pulsfrequenz . . 272
Temperatursinn 944. 948
Tenor 589
Testa 33
Tetanomotor 646
Tetanus 554. 642
» bei Öffnung constanter Ströme 669
Thalami nerv. opticorum, s. Sehhügel.
Theca folliculi Graafiani 18
Thierische Electricität 449
Thränen 837
Thymusdrüse 433
Tiefenaxe des Auges 899
Titrirmethode zur Harnstoffbestimmung 491
» zur Kohlensäurebestimmung 108
Tod durch Erfrieren 479

Digitized by Google

Seite

Todtenstarre 564
Töne des Herzens 263
Ton 934. 935
Tonsillen 156
Tonus 761
Tränkungsflüssigkeit, organische . 361
Transfusion 248
Transsudate 424
Traubenförmige Drüsen 424
Traubenzucker 128
» Entstehung desselben aus Stärke 130. 142
» Umsetzungen desselben . 404
» im Blute 237
» im Harne 500
» in der Leber . 129. 199. 404
Trichina spiralis 8
Tripelphosphat in den Faeces . . 218
» im Harn 501
Tritonen, Flimmerepithel in den Harnkanälchen derselben . . 483
Trituratio ciborum 168
Trommelfell, Entstehung 47
» Function desselben . . 923
Trommer'sche Zuckerprobe . . . 143
Tuben, Entstehung derselben . . 63
» Function derselben . . . 24. 25
» Unterbindung derselben . . 22
Tuberculum Loweri 56
Tubifex rivulorum 11
Tubuli uriniferi contorti et recti . 482
Tunica vaginalis communis et propria 63
Tyrosin 125. 400
» aus Faserstoff 235

U.

Überreizung 661
Ultraviolette Strahlen 870
Unipolare Inductionserscheinungen 451
Unterkiefer, Bewegungen desselben 154
» Entstehung desselben . 46
Urachus 86. 61
Ureteren, peristaltische Bewegung derselben 506
» Unterbindung derselben . 487
Urethra 64
Urina 480, s. Harn.
» potus, sanguinis, chyli . . . 505
Urnieren 61

Seite

Urocrythrin 490
Uroglaucin 490
Urohaematin 490
Uroxanthin 490
Urrhodin 490
Urzeugung 3
Uterus, Entstehung 73
» Veränderungen an demselben nach der Geburt . . 66
» während der Schwangerschaft 26. 27
Utriculus 63

V.

Valvulae: atrioventriculares . . 264
» Banhini 223
» Eustachii 56
» Kerckringii 208
» semilunares 266
Variköse Nervenfasern 603
Vas afferens 484, efferens 484
Vas deferens, Bewegung dess. 14. 786
» Entstehung desselben . 64
Vasa aberrantia in der Leber . 184
» testis 63
Vasa serosa 292
» umbilicalia 36
Vaucheria clavata, Sporenbewegung bei derselben 524
Vegetatives Blatt des Embryo . . 39
» der Keimhaut 34
Venae: azygos et hemiazygos . . 55
» cardinales 55
» cavae 55. 56
» cavernosae 16
» hepaticae 249
» omphalo-mesaraicae . . . 35. 53
Vena terminalis 35
» umbilicalis 39. 56
» portarum 198
» Blut derselben 250
Venen, Blut in denselben 250
» Circulationserscheinungen an denselben 293
» Contractilität derselben . . 294
» Entstehung derselben . . 55
» Lufteintritt in dieselben . 344
» Pulsation derselben . 269. 295
» Resorption durch dieselben 394
» Structur derselben 294

Digitized by Google

Seite

Venenherzen 295
Venenklappen 295
Venensack 54
Venensystem, Capacität desselben 296
Ventriculus Morgagni 580
Ventrikel des Gehirns, Entstehung derselben 41
» seröse Haut derselben . . 423
Ventrikel des Herzens 53
Verbrennung, als Hauptquelle der thierischen Wärme 468
Verdauung 123. 138
» Einfluss derselben auf den Puls 275
Verdauungserscheinungen im Dickdarm 217
» im Dünndarm 206
» im Magen 162
» in der Mundhöhle . . . 139
» in der Rachenhöhle . . 156
» im Schlunde 161
» in der Speiseröhre. . . 161
Verdichtungswellen 925
Verdunstung, Einfluss derselben auf die Resorption 396
Verknöcherung. 48
Verlängertes Mark, Beziehungen desselben zu den willkürlichen Bewegungen. 750
» zum Gefühl 708
» Einfluss desselben auf Darmbewegung 785
» auf die Harnblasenbewegung 788
» auf die Herzthätigkeit 325. 332
» auf die Respiration 92. 774
» auf die Leberzuckerbildung 202. 793
» Entstehung desselben 41—43
» Functionen desselben im Allgemeinen 802
Vernix caseosa. 52
Vesicula germinativa 19
» prostatica. 63
Vibrationsamplitude 869
Vierhügel 802
» Entstehung derselben . 41. 43
» Gefühl in denselben . . . 702

Seite

Vierhügel als Reflexcentrum für die Irisbewegung . . . 771. 802
Visceralbogen 46
Visceralplatten 45
Visceralspalten 46
Visierebene 909
Vitale Capacität 87
Vitellin 125
Vitellus 19
Vogelei, Unterschied vom Säugethierei 33
Vokale 593
Volta'sche Alternative 688
Vorderhirn 41
Vorhöfe des Herzens 53
Vorstellungen, Einfluss derselben aufs Athmen 97
» auf die willkürlichen Bewegungen 751
» als Function des Grosshirns 737
» als Reize für den nerv. opticus 890

W.

Wachsthum 375
» Arten desselben 412
Wälzbewegungen, nach Verletzung gewisser Hirntheile 755
Wärme, Wirkung derselben auf die Nervenerregbarkeit . 687
» thierische. 466
» bei Absonderungen . . . 473
» Bestimmung derselben . 467
» normale Höhe derselben . 466
» Leitung derselben 475
» durch Muskelcontraction . 472
» Quellen derselben 468
» Regulirung derselben . . . 478
» bei Veränderungen des Aggregatzustandes der Körperbestandtheile 473
» Verlust derselben 476
» Wichtigkeit derselben für den Organismus 364
Wärmeeinheit 468
Wärmestarre. 564
Wärmestrahlen. 870
Wärmeverlust durch die Haut . . 476
» durch die Lungen . . . 118

Digitized by Google

Seite

Wasserverlust durch den Urin und die Excremente 476
Wasser, Einfluss der Entziehung desselben 375. 644
» destillirtes, als spezifischer Muskelreiz 551
» Wirkung desselben auf Blutkörperchen 227
» als Nahrungsmittel . . . 131
Wasserentziehung als Nervenreiz 644
Wassergehalt der atmosphärischen Luft 99
» der Ausathmungsluft . . 119
» des Blutes 249
» der Galle 188. 190
» des Harns 505
» der Leber 185
» der Lymphe 358
» des Magensaftes 172
» der Milch 67
» der Nervensubstanz . . 615
» des Schweisses 518
» der Thränen 837
Wasserstoffgas, geathmet 120
» im Dickdarm 219
» im Dünndarm 206
» im Magen 164
Wehen 65
» Einfluss derselben auf den Puls 272
Weinen 97. 98
Weitsichtigkeit 850
Weizen, Bestandtheile desselben . 132
Wellenbewegung, allgemeine Verhältnisse derselben . . 314
» des Blutes 315
» des Äthers 868
Wellenlänge der verschiedenen Lichtstrahlen 869
Wharton'sche Sulze 38
Widerstände bei der Blutcirculation 297. 299
Wille, Einfluss desselben aufs Athmen 97
» auf die Mitbewegungen . . 760
» auf die Reflexbewegungen . 728
Willkürliche Bewegungen 736
» ihre Beziehungen zum Grosshirn 737

Seite

Willkürliche Bewegungen, ihre Beziehungen zum Kleinhirn 746
» ihre Beziehungen z. Rückenmark und verlänten Mark 750
Wimperbewegung 521
Winslow'sches Loch 59
Wirbel, Entstehung derselben . . 40
Wochenbett 66
Wolff'scher Körper 61. 63

X.

Xanthin im Pankreas 203
Xanthoglobulin in der Leber . . 186
Xyloidin 186

Y.

Yponomeuta evonymella, Entozoen in derselben 6

Z.

Zähne, Bildung derselben 47
» chemische Bestandtheile . 420
» Regeneration derselben . . 382
» Wachsthum und Ernährung derselben 419
» der lamina spiralis . . . 933
Zahnkeim 47
Zahnsäckchen 47
Zahnung, erste 68
» zweite 68
Zellen, thierische 405
» Bewegung derselben . 409. 524
» Fortpflanzung derselb. 410. 412
» Functionen derselben im Organismus 407
» Inhalt und Umgebung derselben 406
» Lebensbedingungen für dieselben 411
» Morphologische Charaktere 405
» Spezificitäten derselben . . 408
» Verhalten z. Nervensystem 794
» Wachsthum derselben . . 406
Zellenkern 405. 412
Zellgewebe 438, s. auch Bindegewebe.
Zerstreuungskreise 841

Digitized by Google

Seite

Zeugung des Menschen 9. 18, s. auch generatio.
Zimmtsäure, Umsetzung derselben in Hippursäure 399
Zirbeldrüse, Entstehung derselben 42
Zona denticulata 933
» pectinata 933
» pellucida 18
Zonula Zinnii, Entstehung . . . 44
» Verhalten bei der Accommodation 849
Zotten des Chorion 32
» des Dünndarms 269
Zucker, Bildung desselben aus Stärkemehl 142
» Bildung von Fett aus demselben 402
» als Nahrungsmittel . . . 128
» Resorption desselben . . 392
» im Blute 237
» in der Cerebrospinalflüssigkeit 424
» in der Galle 191
» im Harn 500
» im Hühnereiweiss . . . 129
» in der Leber 129. 199. 404. 793
» im liquor allantoidis . . 61
» im liquor amnii 37
» in der Lymphe 358
Zuckerproben 143
Zuckung ohne Metalle . . . 620. 628

Seite

Zuckung, paradoxe 652
» secundäre 642
Zuckungsgesetze 631
» abhängig von der Stromesrichtung 631
» abhängig von der Stromstärke 633
» Einfluss der Häufigkeit der Reizung auf dies. . 633
» Einfluss verschiedener Nervenstellen auf dies. 636
Zuckungsgesetze, Nobilis' 634
» Pflüger's 632
» Ritter's 633
Zunge, Bewegungen derselben beim Athmen 82
» beim Schlingen 157
» Entstehung derselben . . 46. 47
» als Geschmacksorgan . . . 911
Zungenbein, Bewegungen desselben beim Athmen 82
» beim Schlingen 160
» Entstehung desselben . 47
» Fixirung desselben beim Kauen 155
Zungenwerke 574
Zwangsbewegungen 752
Zwerchfell, Bewegung und Function desselben 75
Zwischenhirn 41. 42

Digitized by Google

Autoren-Register.

A.

Aberle 288. 289.
Addison 434.
Adriani 85. 86.
Aeby 49.
Agassiz 8.
Albers 90.
Albin 49. 416.
Alcock 813.
Aldridge 129.
Allen 87. 104. 120. 121.
Ammon 382.
Andral 25. 26. 113. 114. 115. 587. 695. 745. 763.
Andrews 472.
Ange, St. 70. 119.
Ankermann 10.
Anselmino 517.
Aristoteles 254.
Arlt 837. 848.
Arnold 30. 31. 54. 79. 90. 160. 191. 192. 328. 471. 607.
Aubert 795. 883. 893. 946.
Auerbach 722. 732. 762.

B.

Backer 182. 812.
Bär, von 18. 39. 58. 59. 60.
Bärensprung, v. 470. 472. 474.
Bamberger 262.
Banks 477.
Bardeleben 173. 176. 430.
Barkow 17. 588.
Barral 111. 119. 383. 384.
Barreswil 171. 481.
Barruel 247.
Barry 21. 22. 23. 31. 345.
Bartholin 395.
Baudelocque 65.
Baudrimont 70. 119.
Baum 912.
Baumert 119.
Baur 49.
Beale 182. 183. 184. 545.
Bean 81.
Beaumont 168. 177. 178.
Béchamp 147.
Becher 104.
Becker, O. 14. 522.
Becker, v. 202. 392. 393.
Beclard 49. 172. 513. 565.
Becquerel 26. 67. 68. 135. 136. 236. 250. 467. 469. 472. 476. 494. 504. 795.
Behr 393.
Beigel 497.
Bell 510. 511. 623. 819.
Benecke 501.
Beneden, van 7.
Bensch 398.
Berard 534.
Berger 477. 519.
Berlepsch, v, 4.
Bernard 37. 61. 119. 121. 129. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 171. 173. 185. 193. 199. 200. 202. 203. 204. 216. 237. 245. 247. 289. 331. 404. 424. 471. 475. 476. 481. 495. 497. 519. 534. 548. 624. 631. 705. 791. 793. 809. 810. 812. 813. 819. 829.
Berthelot 398.
Berthold 417.
Bertling 789.
Berzelius 188. 232. 236. 421. 489. 494. 502. 505. 562.
Beutner 351.
Bezold, v. 549. 660. 828.
Bibra, v. 185. 187. 615. 616. 617.
Bichat 814. 823.
Bidder 116. 117. 149. 152. 157. 172. 173. 187. 192. 194. 196. 197. 203. 204. 206. 358. 373. 380. 381. 392. 474. 505. 602. 604. 607. 608. 610. 614. 791. 827. 938. 939. 942.
Biermer 84.
Biffi 216. 767. 802. 813. 942.
Bilharz 609.
Billroth 211. 431. 943.
Binard 748.
Biot 274. 574.
Bischoff 11. 20. 22. 23. 25. 32. 39. 54. 58. 123. 174. 252. 361. 362. 366. 370.

Digitized by Google

372. 374. 384. 385. 393. 495. 497. 498. 522. 813. 819.
Bizot 356. 378.
Blagden 118.
Blainville 175.
Blessig 873.
Blondlot 168. 171. 176. 192.
Blundell 372.
Böcker 276. 497. 500. 502. 505. 799.
Bödecker 136. 398.
Böttcher 528. 932.
Bojanowski 231.
Bojanus 6. 30.
Boismont 20.
Boissier de Sauvages 882.
Bonjean 287.
Bonnet 378.
Borelli 555. 561.
Boussingault 100. 111. 116. 117. 119. 138. 362. 368. 369. 370. 372. 375. 383. 384. 393. 403. 497. 500.
Bowman 481. 484. 487. 522. 555. 836. 848.
Brachet 333.
Braconnet 125.
Brande 238. 372.
Breed 617.
Breschet 175. 250. 469. 472. 515.
Breslau 376.
Brewster 881. 896. 914.
Brodie 175. 194. 196. 329. 395. 474.
Brondgeest 762.
Brown-Séquard 274. 275. 289. 380. 434. 477. 541. 547. 553. 566. 704. 705. 706. 708. 755. 759. 788. 813. 952.
Bruch 20. 49. 50. 246. 564. 565.
Brücke 167. 170. 210. 212. 213. 231. 236. 244. 247. 267. 268. 359. 409. 431. 432. 500. 530. 531. 544. 564. 565. 594. 607. 848. 871. 888. 897. 918.
Brunner 106. 118. 274. 346. 347.
Budge 8. 11. 14. 15. 31. 37. 56. 77. 79. 91. 92. 94. 97. 140. 142. 147. 152. 162. 163. 170. 175. 176. 178. 179. 180. 183. 184. 194. 195. 196. 198. 206. 207. 211. 212. 214. 215. 216. 218. 221. 222. 223. 225. 228. 244. 257. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 268. 284. 287. 289. 295. 315. 324. 326. 327. 329. 330. 331. 332. 333. 343. 377. 380. 381. 392. 393. 434. 437. 439. 446. 447. 448. 453. 465. 466. 475. 508. 510. 526. 528. 530. 535. 536. 541. 545. 552. 556. 558. 563. 582. 608. 610. 613. 620. 625. 629. 631. 632. 634. 636. 645. 646. 647. 653. 655. 656. 661. 662. 663. 666. 667. 668. 670. 675. 680. 681. 682. 683. 384. 685. 687. 695. 697. 698. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 710. 722. 723. 724. 725. 726. 730. 731. 734. 737. 739. 742. 743. 745. 747. 749. 750. 751. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 761. 764. 766. 768. 769. 772. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 792. 793. 794. 803 805. 808. 811. 813. 815. 817. 818. 819. 822. 824. 825. 826. 828. 829. 836. 848. 849. 851. 854. 875. 909. 910. 912. 913. 915. 921. 936.
Burdach 4. 287. 328. 331. 370. 373. 567.
Burkhardt 913.
Burow 56. 882. 898.
Busch 173. 206. 214. 540. 694.
Bussy 424.

C.

Cagniard de la Tour 574. 579.
Callenfels 289.
Calliburces 272.
Cannanus 254.
Carson 73.
Carus 20.
Casper 65.
Castell 274.
Cazalis 813.
Cesalpinus, Andreas 254.
Chassaignac 339.
Cheauveau 351.
Chevreul 126. 164. 207. 219. 404.
Chossat 116. 176. 370. 372. 373. 375. 469. 470. 474. 479. 485.
Claparède 913.
Claudius 932.
Clemm 67.
Cless 500.
Cloetta 186. 401. 480.
Coccius 876.
Cohn 245.
Colberg 509. 512.
Collard 514. 519.
Collin 191. 204. 205. 237. 358.
Colson 152.
Corti 873. 932. 933.
Cooper, A. 97. 469. 800.
Corvisart 172. 173. 176. 205. 371.
Coste 19.
Couerbe 617.
Cramer 182. 846. 848.
Creplin 7.
Cruveilhier 765.
Czermak 82. 150. 577. 578. 586. 587. 594. 669. 686. 842. 849. 952. 953.

Digitized by Google

D.

Dalton 25. 105. 120.
Davy 119. 120. 121. 238. 396. 472. 471. 477.
Debrou 840.
Decaisne 524.
Deen, van 706. 750.
Deiters 447. 932
Delafond 4. 213.
Delaroche 272.
Demarcay 188.
Denis 235. 236. 502. 616.
Deschamps 31.
Desormeaux 65.
Despretz 112. 469. 472.
Dessaignes 399.
Dobie 530.
Dobson 431.
Döllinger 292.
Dolland 860.
Doncan 881.
Donders 62. 73. 78. 91. 92. 142. 151. 168. 191. 212. 262. 267. 273. 331. 342. 343. 382. 410. 418. 438. 440. 506. 591. 805. 846. 871. 876. 881.
Dove 918.
Draper 495.
Dubois-Reymond 293. 326. 451. 456. 458. 459. 460. 461. 462. 464. 466. 531. 536. 538. 539. 542. 565. 618. 619. 620. 628. 629. 639. 640. 641. 642. 651. 652. 653. 666. 673. 678.
Duchek 503.
Ducrest 26.
Dubamel 23.
Dujardin 4. 181. 524.
Dulong 112. 469. 472.
Dumas 22. 57. 100. 231. 249. 403. 480. 555. 566. 609.
Duplay 12.
Dupuy 791.
Dupuytren 121.
Dusch 198. 393
Dutrochet 60.
Dzierzon 4.
Dzondi 156. 160.

E.

Earle 473.
Eberhard 428.
Eberle 168.
Ecker 359. 409. 426. 430. 431. 433. 524. 541. 801. 939.
Eckhard 328. 330. 450. 451. 549. 629. 644. 645. 646. 647. 673. 674. 684. 687. 795. 930.
Edwards, W. 114. 477.
Ehrenberg 4. 8.
Eigenbrodt 706. 750.
Einbrodt 330.
Einhof 131.
Emmert 474. 547. 609.
Endemann 268.
Enderlin 141. 188. 237.
Engel 31.
Engelhardt 231. 232. 404. 541. 567.
Erasistratus 254.
Erman 555.
Eschricht 4. 8. 52. 812.
Eschscholtz 3.
Esser 922.
Etienne, Ch. 254.
Eustachio 254.
Eydoux 477.

F.

Fabius 90.
Fabricius ab Aquapendente 254.
Faivre 351.
Falk 375.
Faradey 675.
Favre 468. 472. 517.
Fechner 884. 953.
Fehling 146.
Fernet 105.
Ferrein 591.
Ficinus 555.
Fick 339. 340. 445. 842. 844. 849. 852. 915. 927.
Figuier 237. 249.
Filhol 136.
Fischer 329. 398.
Flourens 92. 283. 380. 445. 446. 737. 741. 742. 746. 747. 749. 750. 754. 758. 774. 801. 931.
Fodera 97. 705. 750. 806.
Förster 883.
Fohmann 66.
Fontana 214. 274. 381. 526. 563.
Fordyce 272.
Fowler 276. 328. 567.
Fremy 615. 616.
Frerichs 9. 10. 141. 153. 168. 173. 176. 203. 204. 205. 208. 218. 400. 401. 424. 480. 495. 500. 504. 531. 535. 562. 837.
Friedberg 715. 756. 758.
Friedleben 562.
Fröhlich 271. 275. 276. 471. 474.
Führer 428.
Fürstenberg 404. 757.
Funke 10. 205. 210. 212. 220. 223. 230. 233. 359. 391. 393. 430. 431. 434. 531. 549. 552. 559. 615. 645. 730. 778. 784. 928. 934. 942. 945.

G.

Galenus, Claudius 254.
Galvani 459. 632.
Garcia 577. 578. 587.
Garrod 237.
Gavarret 25. 26. 113. 114. 115. 472.
Gay-Lussac 112. 242. 271.
Gegenbaur 409.
Gelis 404.
Gendrin 24.
Genth 500.
George 692.
Gerber 833.
Gerdy 160.
Gerlach 184. 358. 387. 430. 607. 836.
Gerstner 306.

Digitized by Google

Gierlichs 564. 565.
Gierse 474.
Girdwood 20.
Gluge 4. 380. 651.
Gmelin 141. 170. 175. 176. 194. 203. 220. 359. 368. 372. 382. 391. 400.
Gobley 481. 616. 617.
Goethe 880.
Golding Bird 372.
Goll 351. 352.
Goltz 722. 778.
Goodwyn 87.
Gorup-Besanez 186. 188. 190. 400. 513. 520.
Gosse 168. 172.
Graaf, de 395.
Grafe, v. 202. 793. 844. 845.
Graham 101.
Grassi 472.
Grassmann 885.
Gratiolet 431. 758.
Gregory 21.
Griesinger 205. 794.
Gruby 4. 213.
Grünewaldt 168. 172. 176.
Gruithuisen 890.
Gubler 294.
Guckelberger 398.
Günsburg 51.
Günther 340. 381.
Guitard 794.
Gundlach 403.
Gutbrod 262.
Guthrie 511.
Guy 96. 270. 271. 276.
Guyot 813.

H.

Haber 549.
Häckel 530.
Haen, de 476.
Häser 90.
Haffter 785.
Haidlen 67. 136.
Haigthon 22.
Hales 336. 347. 396.
Hall, M. 275. 470. 718. 730. 761. 783.
Haller 21. 24. 79. 80. 161. 194. 204. 214. 248. 251. 274. 372. 508. 550. 561. 562. 938.
Hallmann 474.
Hallwachs 205. 399.
Ham 9.
Hamberger 78.
Hannover 20. 526. 877.
Harden 276.
Harless 246. 431. 575. 579. 583. 668. 669. 923. 934.
Harley 502.
Harting 415. 419. 443. 531.
Harvey, William 254.
Hasner 837.
Hasse 378. 430.
Hastings 287. 288.
Hauff 615. 617.
Hausmann 18.
Headland 215.
Heddaeus 789.
Heffter 695.
Hegelmaier 97.
Heide, de 524.
Heidenhain 211. 252. 328. 330. 509. 512. 561. 632. 646. 665. 667. 668. 672. 762. 828.
Hein 813.
Heine 323.
Heinecke 566. 567.
Heintz 126.
Heller 490.
Helm 168.
Helmholtz 80. 473. 594. 655. 656. 657. 659. 660. 834. 835. 839. 843. 846. 847. 848. 849. 851. 852. 853. 856. 857. 870. 874. 876. 877. 884. 885. 886. 887. 889. 891. 892. 894. 895. 921. 936.
Henle 67. 181. 246. 290. 331. 333. 393. 419. 427. 440. 530. 535. 608. 872. 930.
Henry 105. 778.
Hensen 185. 203.
Herbst 8. 90. 251.
Hering 275. 311. 351. 353. 392.
Herisson 279.
l'Heritier 616.
Hermann 487. 762.
Herophilus 254.
Hertwig 747. 750.
Herzig 529.
Hess 472.
Heusinger 418.
Hewson 359.
Heydenreich 934.
Heyfelder 359. 431.
Heynsius 136. 186. 489.
Hjelt 382.
Hippocrates 254.
Hirsch 24.
Hirt 233.
His 432. 520.
Hlasek 428.
Hoffa 327. 331. 333.
Hook 526.
Hooper 20.
Hoppe, F. 105. 136. 236. 246. 249. 390. 404. 420.
Horn 116.
Horner 893.
Horsford 138. 369.
Huber 403.
Hubbenet 176.
Hüffelsheim 262.
Huek 877.
Hünefeld 140. 188. 528.
Humboldt, v. 70. 276. 328. 458. 464. 551. 620. 614. 615.
Hunter 17. 21. 29. 286. 336. 474.
Huschke 44. 45. 377. 378.
Hutchinson 78. 87. 88. 91. 95. 117.
Huxley 409.
Hyrtl 268. 269.

J.

Jacobson 61.
Jacubowitsch 141. 143. 148. 149. 151. 152. 154. 173. 606. 690.
Jaschkowitz 431.

Digitized by Google

Imans 437.
Ingenhouss 123.
Jobert 809.
Jörg 65.
Johnson 339.
Johnston 124.
Jolly 136. 389.
Jones, Bence 405.
Joseph 329.
Jouck 438.
Joule 468.
Itard 930.
Jürgensen 762.
Jurine 104.

K.

Kabsch 546.
Kammler 946.
Kaupp 397. 489. 495. 497. 502. 799.
Kay 541.
Keber 20. 23.
Keferstein 205.
Kemp 188. 196.
Kempelen 579. 591.
Kentisch 90.
Kerkov 219.
Kiernan 183.
Kilian 669. 789.
Kiwisch 262.
Klaatsch 942.
Knox 276.
Kobelt 15. 63. 64.
Koch 287.
Köhler 397.
Köhnhorn 375.
Kölliker 10. 11. 12. 14. 16. 17. 21. 28. 50. 57. 62. 142. 148. 150. 184. 191. 197. 200. 209. 212. 220. 227. 230. 233. 287. 294. 406. 409. 410. 413. 418. 419. 420. 423. 428. 429. 430. 431. 434. 436. 503. 516. 522. 523. 524. 530. 531. 532. 533. 548. 549. 551. 602. 606. 607. 608. 610. 611. 612. 613. 614. 643. 645. 750. 872. 873 932. 939.
Kohlrausch 221. 508. 509. 511.
Kornfeld 942.
Krause (Dorpat) 561.
Krause 609. 946.
Krause, C. F. T., 15. 19. 84. 175. 208. 356. 360. 416. 428. 485. 513. 514. 516. 517. 518. 867.
Krimer 70. 90. 474.
Krohn 526.
Küchenmeister 4. 7. 90.
Kühne 195. 197. 198. 202. 399. 504. 530. 531. 535. 545. 549. 551. 552. 559. 564. 565. 644. 645. 778.
Kürschner 261.
Küttner 381. 821.
Kunde 375.
Kupffer 216. 604. 607. 614. 783. 784.
Kussmaul 565. 800.

L.

Lacauchie 213. 395.
Laer 512. 513.
Laiblin 889.
Lallemand 748.
Lang 488.
Laplace 472.
Lasseigne 115. 141. 171. 194. 203. 615. 616.
Lavoisier 87. 118. 472.
Lebert 291.
Leblanc 120. 121. 367.
Lecanu 231. 234. 250. 504.
Leclard 66. 94.
Lee 20.
Lefort 534.
Legallois 92. 323. 474.
Lehfeld 592.
Lehmann 37. 116. 117. 129. 151. 169. 171. 174. 191. 200. 229. 230. 233. 237. 244. 246. 250. 251. 371. 383. 390. 405. 494. 495. 496. 497. 499. 501. 502. 504. 506. 535. 873.
Lemonier 478.
Lenhossek 607.
Lent 152. 173. 382. 419.
Lenz 196. 203. 204.
Leroux 65.
Leroy 379.
Lersch 872.
Lessing 443.
Letellier 116. 368.
Leuchs 142.
Leuckart 4. 8. 11. 20. 23. 24. 61. 210. 409.
Leuret 170. 175. 194. 203. 270.
Leuwenhoek 9. 22. 226. 255. 526.
Leven 758.
Lewy 100.
Leydig 19. 528. 532. 558. 932.
Lichtenfels 271. 275. 276. 471. 474. 952.
Lieberkühn 409.
Liebermeister 478.
Liebig 70. 101. 123. 125. 134. 153. 188. 194. 235. 237. 242. 366. 390. 396. 400. 403. 471. 472. 476. 491. 500. 534. 535. 551.
Lientaud 848.
Limpricht 400.
Linke 923.
Liscovius 591.
Lisfranc 715.
Listing 843. 863.
Liston 577.
Löbell 506.
Longet 152. 161. 175. 237. 328. 546. 576. 577. 623. 636. 741. 742. 744. 747. 752. 754. 755. 758. 783. 791. 800. 801. 802. 803. 804. 806. 807. 812. 813. 817. 818. 819.
Lotze 945. 952.
Loven 5.
Ludwig 78. 91. 149. 150. 215. 216. 261. 262. 268. 331. 343. 344. 348. 349. 350. 360. 393. 473. 485. 486. 488. 558. 654. 695.

Digitized by Google

720. 748. 749. 783. 784. 785. 927.
Luschka 423. 424. 769. 946.

M.

Mack 37.
Madden 514.
Maddrell 404.
Magawly 219.
Magendie 153. 161. 164. 175. 178. 179. 196. 207. 219. 239. 248. 294. 351. 352. 358. 368. 369. 370. 394. 395. 396. 397. 565. 579. 580. 624. 698. 742. 752. 753. 754. 755. 758. 791. 801. 802. 803. 804. 806. 807. 808. 811. 813. 814.
Magitot 421.
Magnus 238. 239. 242.
Magron 759.
Maissiat 81.
Malgaigne 97.
Malpighi 198. 226. 255. 431. 515.
Mangili 116.
Manz 825.
Marcet 218. 237.
Marchand 116. 118. 120. 141. 237. 372. 503. 555.
Marey 279. 287.
Marfel 248.s 395.
Margo 447. 558.
Marianini 630.
Mariotte 875.
Mark, von der 131.
Martin 272.
Martine 477.
Martino 723.
Masson 576.
Matteucci 456. 458. 459. 473. 536. 539. 547. 630. 636. 642.
Mayer 4. 92. 93. 362. 379. 383. 395. 430. 468. 567. 722. 824.
Mayo 804.
Mayow 238.
Meckel 26. 30. 33. 54.
Meder 393.
Meissner 11. 23. 174. 205. 516. 534. 539. 558. 824. 882. 889. 909. 912. 913. 945. 946. 947.
Meyer, H. 19. 30. 35. 419. 567. 569. 906. 908.
Meyer, J. 263. 357.
Meyer, L. 105. 240. 241. 242. 851.
Mialhe 148. 174. 390. 395.
Middeldorpf 167. 438.
Miescher 445.
Millon 491. 838.
Milne-Edwards 403. 562.
Mitivié 270.
Mitscherlich, A. 126.
Mitscherlich, C. G. 67. 148. 149. 151.
Mogk 352.
Mohr 88. 107. 108. 109. 493.
Moleschott 67. 131. 135. 136. 191. 197. 200. 211. 246. 248. 371. 395. 532. 533. 642. 687.
Molinelli 791.
Moreau 331.
Morganti 813. 942.
Moser 866.
Mosler 497. 501.
Müller 546.
Müller, Aug. 8.
Müller, H. 49. 50. 148. 191. 357. 503. 643. 829. 848. 849. 872. 873. 879.
Müller, J. 6. 17. 19. 20. 98. 162. 179. 197. 210. 216. 234. 245. 246. 261. 394. 522. 523. 544. 562. 574. 575. 578. 580. 588. 589. 590. 591. 592. 623. 645. 651. 714. 718. 759. 778. 783. 784. 814. 829. 910. 911. 912. 923. 924. 928. 931. 942.
Müller, O. F. 378.
Müller, W. 105. 617.
Mulder 125. 232. 235. 236. 506. 512. 616.
Munck 530.
Muys 526.

N.

Nägele 65. 269.
Nagel 913.
Nasmyth 420.
Nasse 26. 192. 243. 247. 250. 358. 359. 381. 567. 789.
Natanson 491.
Nauche 26.
Negrier 20.
Nélaton 221.
Nelson 23.
Nesbitt 49.
Neubauer 490. 495. 501.
Neubürger 370.
Neukomm 480.
Newport 23.
Nobili 454. 459. 632. 673.
Nöggerath 579.
Nörremberg 895.
Noll 360.
Nuhn 810.
Nussbaum 382.
Nysten 294. 564. 565. 567.

O.

O'Beirne 222. 223.
Oersted 454.
Oesterlen 211. 395.
Oidtmann 186.
Oken 62.
Ollier 379. 444.
Oré 199.
Orifila 565.
d'Outrepont 65.
Owen, R. 4. 5. 555.

P.

Pacini 608.
Pander 39.
Panizza 813. 823. 942.
Panum 781. 918.
Pappenheim 65.
Parchappe 377.
Parrot 274.
Parry 286. 288. 477.
Patterson 20. 615.

Digitized by Google

Pavy 793.
Payen 127. 169.
Peacock 377.
Peclet 367.
Pelikan 548.
Pelouze 185. 186. 404.
Pepys 87. 104. 120. 121.
Petit 767. 768. 791. 829.
Petrequin 805.
Pettenkofer 141 190.
Pfaff 121. 620. 630. 632. 638. 941.
Pflüger 216. 453. 628. 632. 633. 638. 667. 668. 671. 674. 675. 676. 678. 681. 682. 683. 684. 685. 722. 732. 733. 784. 785. 786. 829.
Philipeaux 382. 434.
Philipps 199.
Phoebus 90. 563.
Picard 141. 191. 431. 481.
Pincus 175. 781.
Piorry 372.
Plagge 794.
Planer 490.
Plateau 892. 921.
Platner 189.
Playfair 363.
Poggendorf 454
Poiseuille 283. 291. 345. 347. 348. 350. 353. 481. 534.
Politzer 927.
Portal 179.
Porter 218.
Pott 21.
Pouchet 20. 446.
Pouillet 656. 657.
Power 20.
Prater 243.
Prevost 22. 57. 61. 249. 480. 555. 556. 609. 912.
Pringsheim 23.
Prout 115. 117. 131. 170.
Prunelle 116.
Purkinje 19. 181. 515. 522. 523. 524. 599. 846. 848. 881. 882. 889. 891.

Q.

Quain 404.
Quatrefages 11.
Quetelet 66. 95. 270. 375. 377. 561.
Quevenne 358.

R.

Raciborsky 20.
Radclyff 783.
Rahn 149. 150.
Rameaux 271.
Ranke 404.
Ransom 409.
Rathke 46. 55. 61.
Rayer 794.
Réaumur 168. 177. 378.
Recklingshausen 913.
Redfern 382. 407. 441. 443.
Rees 37.
Regnault 107. 112. 116. 118. 120. 456. 871.
Reichel 161.
Reichert 11. 19. 20. 40. 47. 57. 58. 184. 229. 409. 410. 439. 440. 441. 526. 533. 544. 607. 612.
Reid 377. 547. 813.
Reiser 530.
Reiset 107. 112. 116. 118. 120.
Reissner 45.
Remak 19. 26. 34. 39. 40. 44. 45. 56. 58. 60. 62. 333. 409. 410. 532. 563. 599. 603. 606. 611. 672. 824.
Retzius 182. 267. 421.
Reuling 118.
Rheiner 522.
Richardson 243. 244.
Rinne 926. 930.
Ritter 84. 629. 630. 633. 634. 665. 669. 670. 673. 891. 934. 941.
Ritterich 848. 849.
Roberts 21.
Robertson 20. 168.
Robin 237. 544. 601. 610.
Robinson 271.
Rodier 26.
Rokitansky 21. 26.
Rollet 439. 526. 528. 529. 530.
Romberg 510. 588. 818.
Rose 232.
Rosenmüller 64.
Rosenthal 508. 549. 646. 665. 670. 672. 673. 686. 687. 776. 777. 818.
Rosenthal 599.
Rouget 534.
Roussel 515.
Rudolphi 179. 579.
Rüdinger 268.
Rüte 805.
Rummel 497.
Rusconi 23.
Ruysch 255.

S.

Sabatier 30.
Saissy 470.
Salzmann 382.
Samuel 795.
Sanderson 430.
Sanson 534. 846.
Sars 5.
Sauer 512.
Saussure 100. 274.
Savart 923. 928. 929. 934.
Savi 544. 607.
Scanzoni 724.
Schaaffhausen 545.
Schaffner 430.
Scharling 107. 111. 114. 116. 117. 387. 490. 799.
Scheffer 375.
Scheiner 843.
Schekund 232.
Schellbach 192. 196.
Schelske 329. 552. 645.
Scherer 37. 67. 70. 186. 203. 232. 235. 236. 249. 250. 400. 402. 497. 504. 512. 534.
Scheven 481.
Schiff 196. 202. 205. 215. 287. 289. 329. 380. 382. 479. 499. 539. 547. 553.

Digitized by Google

558. 559. 565. 624. 631. 636. 696. 697. 698. 702. 704. 705. 706. 707. 708. 741. 742. 750. 752. 753. 755. 758. 764. 768. 791. 792. 793. 795. 796. 800. 803. 813. 819. 820.
Schilling 614.
Schirmer 940. 942.
Schleiden 410.
Schlossberger 67. 131. 135. 205. 369. 615. 616.
Schmidt 116. 117. 149. 152. 170. 171. 172. 173. 175. 187. 192. 194. 196. 197. 203. 204. 206. 237. 249. 372. 373. 383. 384. 391. 392. 424. 474. 505.
Schmitz 4.
Schön 381.
Schönbein 520.
Schönfeld 430.
Schöps 750.
Schott 38. 66.
Schottin 518.
Schrader 202. 380.
Schröder 172.
Schröder v. d. Kolk 394. 613. 614. 806. 813.
Schubart 340.
Schuchardt 372. 375.
Schübler 121.
Schultz, C. H. 153. 220. 227. 246. 250. 435.
Schultze, F. 8. 130. 527.
Schultze, M. 562. 602. 604. 608. 609. 615. 690. 872. 873. 932. 933. 939.
Schulz 485.
Schunk 490.
Schwann 8. 119. 169. 187. 192. 287. 405. 410. 440. 526. 530. 540. 607.
Schwarz 488.
Schwarzenberg 215.
Schweig 20.
Schweigger 454.
Schweizer 130.
Seebeck 884. 928.
Segalas 392. 395. 541.
Seguin 87. 115. 387. 517.
Seiler 30.
Semac 271. 848.
Senf 856.
Sennebier 123.
Serrus 271.
Servetus, Michael 254.
Setschenow 871.
Setten 149.
Sharpey 30. 31. 49.
Siebold, v. 4. 5. 6. 7. 524.
Silbermann 468. 472.
Simon 67. 90. 131. 198. 228. 250. 494. 495.
Sims 377.
Skoda 319.
Smith 173.
Snellen 792.
Sömmering 379.
Sommer 564. 565.
Souleyet 477.
Spallanzani 3. 4. 22. 23. 117. 168. 172. 177. 378.
Spengler 350. 352.
Spiegelberg 789.
Spring 779.
Städeler 146. 148. 152. 398. 400. 401. 480. 490. 504. 534. 535.
Stampfer 892.
Stannius 334. 335. 394. 541. 566. 567. 612. 828. 942.
Stark 26. 369.
Steenstrup 4. 5. 6.
Steffan 528.
Stehberger 503.
Stein 4. 7.
Steinbuch 882.
Steinhäuser 220.
Stellwag v. Carion 848.
Stich 942.
Sticker 546.
Stilling 599. 606. 615. 706. 750. 791. 804. 806. 813.
Stinstra 430.
Stockmann 192.
Strecker 189. 399. 401.
Stricker 943.
Struckmann 136.
Struve 116.
Stumpf 805.
Sturm 841.
Sussdorf 130.
Swammerdam 255.

T.

Teichmann 230.
Tenner 800.
Textor 379.
Thätz 382.
Thakrah 244.
Theile 511.
Thenard 121. 517.
Thiernesse 380. 651.
Thompson 369.
Thomson 39. 54. 118. 287. 555. 951.
Thuret 524.
Tiedemann 26. 141. 170. 175. 176. 194. 196. 203. 220. 274. 359. 368. 378. 392. 394. 409. 430.
Tomes 421.
Tourtual 157. 938.
Toynbee 836.
Traube 476. 772. 818.
Treitz 221.
Trembley 378.
Treviranus 115. 141. 526. 565.
Trommer 136. 143. 358. 562.
Trousseau 272.
Türck 577. 700. 703.
Tulasne 9.
Turner 424.

U.

Uhle 202. 392.
Unger 524.
Ure 87. 503.

V.

Valentin 4. 16. 19. 87. 91. 92. 106. 116. 118. 153. 164. 207. 219. 251. 284. 291. 328. 331. 348. 350. 355. 379. 380. 383. 391. 469. 479. 505. 523. 524.

526. 539. 540. 541. 544. 547. 555. 556. 561. 563. 564. 608. 609. 631. 636. 673. 723. 750. 768. 778. 786. 789. 791. 802. 803. 804. 810. 811. 816. 817. 872. 875. 882. 898. 938. 942. 947. 951.
Valentiner 232. 435.
Valleix 669.
Valli 567. 665.
Vallisneri 20.
Varnier 90.
Vater 608.
Vauquelin 10. 513. 616.
Vauzème, de 514.
Vella 548.
Verdeil 237.
Verger 181.
Verniere 942.
Vernois 67. 68. 135. 136.
Verschuir 287. 294.
Vesalius 254.
Viborg 119.
Vierordt 87. 91. 98. 103. 104. 106. 110. 111. 115. 117. 118. 121. 248. 252. 253. 279. 288. 311. 312. 353. 354. 356. 387. 882. 889.
Vieth 911.
Vieusseux 711.
Vintschgau 148. 873.
Virchow 17. 51. 188. 203. 210. 232. 235. 379. 404. 407. 410. 423. 435. 440. 443. 444. 484. 523. 565. 615. 836.
Viridet 220.
Vivenot 274.
Vogel 238.
Vogt 4. 37. 409. 524.
Voit 362. 366. 370. 372. 374. 384. 385. 495.
Volkmann 66. 262. 270. 271. 275. 284. 304. 312. 348. 350. 351. 352. 354. 355. 356. 545. 559. 613. 651. 654. 720. 724. 750. 786. 813. 823. 834. 844. 866. 877. 882. 883. 884. 898. 901. 903. 918. 920. 921. 953.
Volta 630. 934.
Vulpian 380.

W.

Wagner, R. 11. 12. 19. 409. 431. 438. 535. 544. 546. 601. 607. 608. 610. 611. 614. 720. 730. 747. 749. 789. 829. 942. 945.
Walferdin 467.
Waller 180. 214. 289. 291. 329. 381. 547. 769. 818. 819. 821. 829. 848. 849.
Walter 380. 409.
Walther 24. 615.
Wasmann 167. 169. 170.
Watt 348.
Weber, C. O. 528.
Weber, E. 182. 251. 278. 530. 531. 540. 542. 551. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 565. 567. 568. 572. 685. 761. 786. 926. 927. 930. 934.
Weber, E. H. 22. 30. 31. 57. 63. 136. 212. 273. 287. 288. 291. 292. 315. 318. 324. 327. 337. 355. 506. 521. 523. 542. 685. 686. 710. 711. 883. 939. 941. 944. 945. 947. 948. 949. 950. 952.
Weber, E. F. 273.
Weber, G. 173. 531.
Weber, M. J. 223.
Weber, Th. 844. 845.
Weber, W. 574.
Wedemeyer 287. 340.
Webarg 217.
Weja 182.
Weinmann 203. 331.
Weismann 527.
Welcker 233. 252. 253. 528.
Wepfer 178.
Wertheim 539. 540.
Westrumb 503.
Wetherill 404.
Weyrich, v. 340.
Wharton Jones 19. 20. 287. 288. 295. 409.
Wheatstone 913.
Wilgenroth 563.
Wilkens 562.
Williams 91. 474.
Willis 594.
Wilson 324.
Winkler 129.
Winslow 511. 848.
Wistinghausen 196. 210.
Witter 121.
Wittich, v. 268. 372. 390. 488. 508. 511. 551. 825.
Wittmann 288.
Wöhler 37. 141. 404. 491. 495. 500. 503. 838.
Wolf 216.
Wollaston 928.
Woltersom 351.
Wright 153.
Wundt 329. 540. 548. 552. 559. 564. 670. 762. 816.
Wurlitzer 471.
Wurtz 124. 235. 236. 358. 491.

Y.

Yelloly 869.
Yonng, Th. 884. 887.

Z.

Zander 153. 174. 208.
Zechler 394.
Zenker 435.
Ziemssen 79. 472.
Zimmermann 235. 244. 249. 435.
Zugenbühler 340.

0050366(1

Digitized by Google

Zur Nachricht.

Die **Titrirapparate** und die **Titrirflüssigkeiten** werden in vorzüglicher Güte durch Herrn Medicinalrath Dr. Mohr in Coblenz besorgt. Die zu **electro-physiologischen Versuchen nöthigen Apparate** finden sich bei Mechanikus Sauerwald in Berlin vorräthig.

Digitized by Google

Druckfehlerverzeichniss.

Seite	8	Zeile 15 v. u.	Metamorphose st. Generationswechsel.
»	16	» 12 v. o.	ihrer st. seiner.
»	33	» 19 v. u.	testaceae st. testacea.
»	49	ist zu Fig. 4 noch zu bemerken, dass sie eine Copie aus Kölliker's Gewebelehre ist.	
»	49	Zeile 5 v. u.	und in der Anmerkung Aeby st. Aiby
»	128	» 3 v. u.	muss die Formel für Traubenzucker heissen: $C_{12} H_{12} O_{12} + 2 H O$.
»	129	» 16 v. o.	$C_{12} H_{11} O_{11} + HO$ st. $C_{12} H_{10} O_{10}$.
»	148	» 2 v. o.	Umwandlung st. Verdunstung.
»	181	» 3 v. u.	$^1/_{140}$‴ st. $^1/_{400}$‴.
»	189	» 8 v. o.	und Zeile 2 v. u. Glycocoll st. Glycochol.
»	398	» 14 v. o.	Chitin st. Chetin.
»	426	» 14 v. u.	424 st. 524.
»	438	» 11 v. o.	Middeldorpff st. Middeldorph, derselbe Druckfehler findet sich auch unten im Citate.
»	468	» 7 v. u.	können st. kann.
»	476	» erster Randindex —	Wärme st. Nerven.
»	512	» 17 v. o.	ist Geweihen zu streichen.
»	535	» 13 v. u.	Blutfibrin st. Muskelfibrin.
»	630	» 18 v. o.	mechanische st. electrische.
»	675	unter der Figur:	Katelectrotonus st. Anelectrotonus.
»	682	unter der Figur:	aufsteigender st. absteigender.
»	684	unter der Figur 200:	absteigender st. aufsteigender
»	695	Zeile 14 v. u.	ihre st. seine
»	744	» 10 v. u.	konnte st. kann.
»	788	» 13 v. u.	denen st. dem.
»	799	» 3 v. u.	Meibom'sche st. Maibom'sche.

17 MAG 64

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

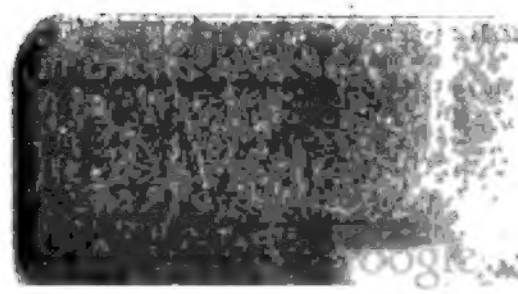
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

GIUSEPPE FACIONI
Legatore di Libri
FIRENZE



Digitized by Google